



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Diseño Sísmico Aplicando el Método de Elementos Finitos de Robot Estructural de un Edificio Multifamiliar de Cinco Niveles, Ilave – 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Br. Alanoca Maron, Duverly Mario

<https://orcid.org/0000-0003-1766-5386>

**ASESOR:**

Mg. Villegas Martínez, Carlos Alberto

<https://orcid.org/0000-0002-4926-8556>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA - PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme salud y vida, a mis hijos Felipe y Dionne por ser el motivo de seguir adelante a pesar de estos tiempos difíciles de pandemia, a mis padres Mario y Juana por haberme inculcado buenos valores y ser la fortaleza de mi formación como profesional.

A mis seres queridos que partieron al más allá en esta pandemia.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme ser parte aun de esta vida.

A los catedráticos de la UCV de la escuela profesional de INGENIERIA CIVIL, quienes forman parte de mis jurados a través de sus conocimientos, que son pieza fundamental para la formación intelectual de mi profesión.

A mi asesor de la UCV, quien me guio paso a paso en la elaboración de la presente tesis y me presto ayuda y soluciones para mejorar y seguir adelante.

Esta tesis no sería meritoria sin dejar de agradecer enormemente a toda mi familia, a mi compañera de Vida Luz Clara, compañeros y amigos por su apoyo durante el proceso de elaboración del presente.

Esta oportunidad de vida, me conduce a tomar conciencia y empezar de nuevo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 1  |
| II. MARCO TEÓRICO .....   | 5  |
| III. METODOLOGIA.....   | 35 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación .....                             | 35 |
| 3.2. Variables y operacionalización .....                             | 35 |
| 3.3. Población, Muestra y Muestreo.....                               | 37 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....             | 37 |
| 3.5. Procedimiento.....   | 38 |
| 3.6. Método de análisis de datos .....                                | 38 |
| 3.7. Aspectos éticos .....  | 38 |
| IV. RESULTADOS .....  | 39 |
| 4.1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....                                    | 39 |
| 4.1.1. Localización.....  | 39 |
| 4.1.2. Del estudio de Mecánica de Suelos.....                         | 39 |
| 4.1.3. Características arquitectónicas.....                           | 40 |
| 4.1.4. Características de la estructura .....                         | 42 |
| 4.2. Estructuración.....  | 42 |
| 4.2.1. Materiales de construcción .....                               | 42 |
| 4.3. Predimensionamientos de cada elemento estructural .....          | 44 |
| 4.3.1. Muros portantes de ladrillo.....                               | 44 |
| 4.3.2. Losa aligerada armada en una dirección.....                    | 45 |
| 4.3.3. Vigas peraltadas .....   | 46 |
| 4.3.4. Columnas.....  | 46 |
| 4.4. DISEÑO SÍSMICO.....  | 47 |
| 4.5. Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes.....       | 49 |
| 4.5.1. Metrado de cargas.....   | 49 |
| 4.5.2. Fuerza cortante en la base .....                               | 49 |
| 4.5.3. Distribución de la fuerza sísmica en altura .....              | 50 |
| 4.5.4. Diseño del edificio en el software Robot Estructural 2017..... | 51 |
| 4.5.5. Tipo de análisis .....   | 51 |
| 4.5.6. Asignaciones de la carga muerta (CM) y carga viva (CV) .....   | 52 |
| 4.5.7. Cargas de sismo en “XX” y “YY” .....                           | 53 |
| 4.5.8. Definición del centro de gravedad.....                         | 53 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 4.5.9.  | Cálculo de los desplazamientos laterales .....                                    | 54 |
| 4.5.10. | Verificación de las derivas y desplazamientos laterales .....                     | 55 |
| 4.6.    | Análisis estático (2da iteración) .....   | 55 |
| 4.6.1.  | Metrado de cargas (2da iteración) .....   | 55 |
| 4.6.2.  | Fuerza cortante en la base (2da iteración) .....                                  | 56 |
| 4.6.3.  | Distribución de la fuerza sísmica en altura (2da iteración) .....                 | 56 |
| 4.6.4.  | Desplazamiento laterales de la 2da iteración .....                                | 58 |
| 4.6.5.  | Verificación de las derivas y desplazamientos laterales de la 2da iteración ..... | 59 |
| 4.7.    | Análisis dinámico modal espectral .....   | 59 |
| 4.7.1.  | Aceleración espectral .....   | 59 |
| 4.7.2.  | Tipo de análisis .....  | 60 |
| 4.7.3.  | Determinación del espectro de Pseudo-Aceleraciones .....                          | 60 |
| 4.7.4.  | Espectro de aceleraciones dirección X y Y .....                                   | 62 |
| 4.7.5.  | Deformaciones modal espectral en dirección “X” .....                              | 62 |
| 4.7.6.  | Deformaciones modal espectral en dirección “Y” .....                              | 63 |
| 4.7.7.  | Verificación de las derivas y desplazamientos laterales .....                     | 64 |
| V.      | DISCUSIÓN .....   | 65 |
| VI.     | CONCLUSIONES .....  | 66 |
| VII.    | RECOMENDACIONES .....   | 67 |
|         | REFERENCIAS .....   | 68 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Mercalli modificado.....                                  | 16 |
| Tabla 2: Factores de zona “Z”.....                                 | 21 |
| Tabla 3: Clasificación y perfiles de suelo.....                    | 21 |
| Tabla 4: Factores de suelo.....                                    | 22 |
| Tabla 5: Periodos $T_p$ y $T_L$ .....                              | 22 |
| Tabla 6: Categoría de la edificación y factor U.....               | 22 |
| Tabla 7: Sistemas estructurales.....                               | 24 |
| Tabla 8: Coeficiente básico de reducción sísmica.....              | 25 |
| Tabla 9: Factor de irregularidad $I_a$ .....                       | 25 |
| Tabla 10: Factor de irregularidad $I_p$ .....                      | 25 |
| Tabla 11: Categoría y regularidad de las edificaciones.....        | 26 |
| Tabla 12: Estimación del peso sísmico.....                         | 27 |
| Tabla 13: Límites de distorsión de entrepiso.....                  | 34 |
| Tabla 14: Peralte de losas aligeradas.....                         | 45 |
| Tabla 15: Metrado de cargas.....                                   | 49 |
| Tabla 16: Fuerzas en cada nivel.....                               | 50 |
| Tabla 17: Derivas máximas de la dirección “X” y “Y”.....           | 55 |
| Tabla 18: Metrado de cargas para la 2da iteración.....             | 56 |
| Tabla 19: Fuerzas sísmicas en cada nivel de la 2da iteración.....  | 56 |
| Tabla 20: Derivas máximas en la dirección “X” y dirección “Y”..... | 59 |
| Tabla 21: Espectro de diseño.....                                  | 60 |
| Tabla 22: Derivas máximas en la dirección “X” y dirección “Y”..... | 64 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Capas de la tierra.....                               | 12 |
| Figura 2: Capas tectónicas de la tierra.....                    | 12 |
| Figura 3: Zonas sísmicas del Perú.....                          | 14 |
| Figura 4: Tipos de ondas.....                                   | 15 |
| Figura 5: Zonas sísmicas del Perú.....                          | 20 |
| Figura 6. Mapa satelital de la ubicación del proyecto.....      | 39 |
| Figura 7. Plano de elevación frontal.....                       | 40 |
| Figura 8. Plano de Distribución del 1er Nivel.....              | 41 |
| Figura 9. Plano de Distribución 2do, 3ro, 4to y 5to Nivel.....  | 41 |
| Figura 10: Detalle de Losa aligerada de 0.20m.....              | 45 |
| Figura 11: Diseño del Edificio en 3D. (Pórtico).....            | 51 |
| Figura 12: Tipo de análisis para cada caso.....                 | 52 |
| Figura 13: Distribución de Carga muerta y sobrecarga.....       | 52 |
| Figura 14: distribución de fuerzas sísmicas en XX y YY.....     | 53 |
| Figura 15: Centro de gravedad de cada nivel.....                | 53 |
| Figura 16: Desplazamientos laterales en la dirección XX.....    | 54 |
| Figura 17: Desplazamientos laterales en la dirección YY.....    | 54 |
| Figura 18: Distribución de fuerzas sísmicas en dirección X..... | 57 |
| Figura 19: Distribución de fuerzas sísmicas en dirección Y..... | 57 |
| Figura 20: Desplazamientos laterales en la dirección X.....     | 58 |
| Figura 21: Desplazamientos laterales en la dirección Y.....     | 58 |
| Figura 22: Tipo de análisis Dinámico.....                       | 60 |
| Figura 23: Espectro de diseño.....                              | 61 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 24: espectro de diseño en robot estructural..... | 62 |
| Figura 25: Deformación espectral en dirección X.....    | 63 |
| Figura 26: Deformación espectral en dirección Y.....    | 63 |



## Resumen

El presente proyecto de investigación se encuentra en la ciudad de Ilaye, de la Provincia de El Collao, Departamento de Puno, para el cual se desarrolló el diseño sísmico de una vivienda multifamiliar de cinco niveles, en la cual se aplica el método de elementos finitos que tiene como cálculo numérico el Autodesk Robot Estructural 2017 para realizar los cálculos de análisis sísmico estático o de fuerzas estáticas equivalentes, obteniendo la cortante basal ( $V$ ) y los desplazamientos en cada nivel, a la vez se desarrolla el análisis dinámico modal espectral de la estructura, tomando como referencia los cálculos del análisis estático y corroborando con la norma de análisis sismorresistente E.030, que es de uso obligatorio en diseño sísmico de todo en ámbito del Perú mediante las derivas máximas permisibles.

Se considera para el tipo de suelo según el Estudio de Mecánica de Suelos el  $q_{adm}=0.88 \text{ Kg/cm}^2$ , para zapatas cuadradas el cual se emplea en el presente estudio; del cual también se tiene el tipo de suelo según la clasificación SUCS un suelo tipo CH: Arcilla de alta plasticidad.

Se consideró como sistema estructural de concreto armado – pórticos; a la vez se emplea una losa aligerada de 0.20 m, se desarrolla vigas de cimentación en la base de la estructura  $b=0.30$  y  $h=0.50$ ; el sistema estructural planteado es regular tanto para el eje X y para el eje Y por lo que el factor de reducción de fuerzas sísmicas “R” es 8 debido a la regularidad de la estructura; el modelamiento sísmico estático y dinámico modal espectral se realizó con el Autodesk Robot mediante el método numérico de Método de Elementos Finitos, se consideró los siguientes factores:  $Z=0.35$ ,  $U=1.00$ ,  $C=2.50$ ,  $S=1.20$ ,  $R=8.00$ ,  $TP=1.00 \text{ seg}$ ,  $TL=1.60 \text{ seg}$ , con lo cual se obtuvo una cortante basal de  **$V=46.5738$**  (1ra iteración) y  **$V=54.0929$**  (2da iteración). Además en la segunda iteración sísmica estática se obtuvo una deriva máxima de 0.0017 en X y 0.0069 en Y, en el análisis dinámico se obtuvo una deriva máxima de 0.0024 en dirección “X” y 0.0015 en dirección “Y”, con lo cual la edificación cumple con los parámetros de la norma E.030.

**Palabras Claves:** Diseño sísmico, Método de elementos finitos, AutoDesk Robot Structural Analysis 2017.

## Abstract

This research project is located in the city of Ilave, in the Province of El Collao, Department of Puno, for which the seismic design of a five-level multi-family house was developed, in which the finite element method is applied. which has as a numerical calculation the Autodesk Structural Robot 2017 to perform the calculations of static seismic analysis or equivalent static forces, obtaining the basal shear ( $V$ ) and the displacements at each level, at the same time it is developed in dynamic modal spectral analysis of the structure, taking as reference the calculations of the static analysis and corroborating with the seismic-resistant analysis standard E. 030, which is mandatory in seismic design of all in Peru through the maximum allowable drifts.

The  $q_{adm} = 0.88 \text{ Kg / cm}^2$  is considered for the type of soil according to the Soil Mechanics Study, for square footings which is used in the present study; of which there is also the type of soil according to the SUCS classification, a soil type CH: High plasticity clay.

It was considered as a structural system of reinforced concrete - frames; at the same time, a 0.20 m lightened slab is used, foundation beams are developed at the base of the structure  $b = 0.30$  and  $h = 0.50$ ; the proposed structural system is regular both for the X axis and for the Y axis, so the factor of reduction of seismic forces "R" is 8 due to the regularity of the structure; Static and dynamic modal spectral seismic modeling was carried out with the Autodesk Robot by means of the numerical method of Finite Element Method, the following factors were considered:  $Z = 0.35$ ,  $U = 1.00$ ,  $C = 2.50$ ,  $S = 1.20$ ,  $R = 8.00$ ,  $TP = 1.00 \text{ sec}$ ,  $TL = 1.60 \text{ sec}$ , with which a basal shear of  $V = 46.5738$  (1st iteration) and  $V = 54.0929$  (2nd iteration) was obtained. In addition, in the second static seismic iteration a maximum drift of 0.0017 in X and 0.0069 in Y was obtained, in the dynamic analysis a maximum drift of 0.0024 in direction "X" and 0.0015 in direction "Y" was obtained, with which the building complies with the parameters of the E.030 standard.

**Keywords:** Seismic design, Finite element method, AutoDesk Robot Structural Analysis 2017.

## **I. INTRODUCCIÓN**

De acuerdo a su ubicación geográfica, nuestro territorio está considerado sobre el cinturón de fuego ubicado en el pacífico, en el cual la costa peruana presenta un mayor movimiento tectónico y sísmico, sin embargo en estos últimos tiempos se presenciaron movimientos sísmicos en la sierra sureña del país, en la Región de Puno, en los cuales existieron sismos de diferentes escalas. Los sismos de mayor intensidad afectaron en diversas ocasiones diferentes ciudades de la región de Puno.

Los terremotos recientes ocurridos en la región de Puno fueron: Santa Lucía Lampa el 01 de Diciembre del 2016 con una magnitud de 6.0; Azángaro el 01 de Marzo del 2019 con una magnitud de 7.0; Ocuquir Lampa el 31 de Mayo de 2020 con una magnitud de 5.8, estos datos llaman a la conciencia de prevención sobre el tipo de construcción que se debe implementar, en el área de estructuras de nuevas edificaciones aplicando las normas peruanas que se tiene.

Anteriormente las edificaciones de viviendas hace 10 años atrás en promedio no cumplen con las normas técnicas peruanas según la Norma E. 030, E. 060 y demás normas peruanas, debido a esto existe la vulnerabilidad de fallar o colapsar en caso de que exista un sismo de mayor magnitud dañando la propiedad privada.

La población de Ilave – El Collao – Puno está en crecimiento año tras año, lo que genera un crecimiento incontrolado y no bien planificado del área urbana. En la cual la mayoría de viviendas se construyen sin la asesoría de un profesional desde el inicio del proyecto y en la construcción, no se tiene un diseño adecuado en la dosificación de agregados y menos un predimensionamiento estructural de las viviendas. De esta forma la mayor parte de viviendas son vulnerables a los sismos, lo que genera en lo posterior un riesgo de colapsar en caso de un terremoto severo, por esta razón se pone énfasis a las futuras construcciones considerar todos los aspectos técnicos que la norma peruana define para salvaguardar la vida.

Es por ello que para la siguiente Tesis se considera el **problema general**: ¿Cumple el edificio multifamiliar de cinco niveles -llave, aplicando el método de elementos finitos de robot structural, con los indicadores de diseño sísmico de acuerdo a la norma E.30 - 2019? también tiene sus **problemas específicos** planteados que fueron: ¿Cuál es la capacidad portante del suelo considerado para el edificio multifamiliar de cinco niveles -llave, para el diseño sísmico?, ¿Cumple el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, con los indicadores de diseño sísmico según la Norma E.030 - 2019 de sismorresistencia? y ¿Cuál es el análisis estructural predimensionado de la estructura del edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, a nivel de cargas muertas y cargas vivas, para el diseño sísmico según la Norma E. 030 y RNE?

Así en esta forma, una vez descrita la interrogantes , se describe las condiciones justificantes para el desarrollo de la presente Tesis, considerando los diferentes aspectos; como **justificación teórica** se define que durante estos tiempos las construcciones anteriores han colapsado frente a sismos que se han registrado en diferentes ciudades del Perú, los cuales han tenido un impacto negativo, y el departamento de puno no ha sido ajeno a estos movimientos sísmicos, los cuales mostraron la vulnerabilidad de las viviendas construidas en la región, es por ello que se llama a la prevención mediante una buena construcción de edificios actuales, que garanticen la tranquilidad de vivir a través de estructuras que cumplan con los indicadores mínimos consideradas en las NTP partiendo del análisis de suelos (capacidad portante del suelo), estudio de agregados, condición de los materiales de construcción, diseño de Mezclas y agregados, predimensionamiento de la estructura y los modelamientos correspondientes según normas E. 030, E. 060, para garantizar una edificación que cumpla con los valores mínimos que considera el RNE.

Como **justificación técnica**, al notar que aún existe construcciones de viviendas sin tomar estos aspectos constructivos mínimos, los cuales presentan un riesgo para la vida humana, se debe de tomar en cuenta los

requisitos que exige y contempla la NTP principalmente la E.030 que se refiere a diseño sísmico, cumpliendo con los parámetros mínimos de diseño y considerando los criterios constructivos estipulados en el RNE del Perú.

Un porcentaje de viviendas construidas en la actualidad consideran un predimensionamiento ambiguo, careciendo de los estudios necesarios y sobre todo se debe implementar el estudio sísmico ya que en estos últimos años se viene registrando movimientos sísmicos dentro de la región Puno, los cuales alertan a considerar los parámetros mínimos del diseño sismorresistente a nivel de suelo, predimensionamiento y cargas de una estructura a construir.

La **justificación social**, es que a nivel mundial también se registran movimientos sísmicos de diferentes magnitudes y en diferentes escalas, debido a que el planeta Tierra es dinámico, y es por ello que se genera liberación de energías mediante erupciones volcánicas, movimientos sísmicos, etc. Generadas por inducción y subducción entre placas tectónicas que se generan en los diferentes continentes que conforman la corteza de la Tierra.

El Perú no es ajeno a estar desapercibido a erupciones volcánicas, terremotos, maremotos, tsunamis, etc. Debido a la propia ubicación sísmica del país, tales como se registró diferentes movimientos sísmicos en diferentes ciudades de nuestra costa peruana los más críticos en Pisco – Ica, en la capital Lima, Ilo, etc. Los cuales dañaron y colapsaron las estructuras de las viviendas y acabaron con vidas humanas, es por eso que se debe tomar conciencia para salvaguardar la vida humana.

En los últimos años la región Puno ha sido afectado por diferentes movimientos sísmicos en diferentes distritos de la región Puno, afectando las estructuras de diferentes viviendas, por lo cual se toma conciencia que se deba considerar todo el apoyo que brinda la ingeniería para salvaguardar la vida humana, realizando los estudios básicos como: EMS, el análisis estructural, diseño de mezclas, diseño sísmico, etc. Que cumplan mínimamente de acuerdo a las normas peruanas e internacionales.

De igual forma, la **justificación económica**, es que el costo económico que genera una buena edificación debe ser cultura para garantizar y salvaguardar la vida de las personas y no ser una excusa para dejar de lado los criterios mínimos de construcción para garantizar una estructura sostenible que cumpla con las normas peruanas de edificación.

De esta forma, se plantea el **objetivo general**: Determinar si el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, aplicando el método de elementos finitos de robot estructural, cumple o no con los indicadores de diseño sísmico de acuerdo a la norma E.030-2019

Como **objetivos específicos**, tenemos: Realizar el EMS para determinar la capacidad portante del suelo para el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave; el siguiente objetivo es: Analizar sísmicamente el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, utilizando el método de elementos finitos de Robot estructural según la Norma E.030, y como último objetivo: Realizar el análisis estructural del edificio multifamiliar a nivel de predimensionamiento utilizando los parámetros del RNE.

Para la siguiente Tesis se plantea la **hipótesis general**: El edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, aplicando el método de elementos finitos de robot estructural, cumple con los indicadores según la norma E.030 - 2019 diseño sismorresistente, a su vez las **hipótesis específicas**: El EMS describe la calidad del suelo y adopta el criterio adecuado para el edificio multifamiliar de cinco niveles – llave; como segunda hipótesis: El cálculo de diseño sísmico aplicando el método de elementos finitos de Robot Estructural - llave, cumple con los criterios de rigidez establecidos por la norma E.030 y por ultimo: Los elementos estructurales que conforman el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave cumple con los indicadores de diseño de la norma E.060.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedente **internacional** se considera a Lara Cortés, N. D. J. (2021) teniendo como **objetivo** dar a conocer el método de diseño basado en desempeño sísmico aplicado a una estructura de concreto reforzado, determinado el R que aplica su método de análisis no lineal PUSH-OVER, y de esta forma obtiene el comportamiento real de la estructura que plantea y su grado de funcionalidad con base a la demanda sísmica; la **metodología** es de enfoque cuantitativo descriptivo. Obteniendo **resultados** obtiene que determino su deriva máxima el cual no excede la deriva máxima permisible por el reglamento, además determina el nodo 2804 cercano al centro de masa de la cubierta que es el nivel más superior en su estructura con un desplazamiento en el eje  $X=0.14M$ , para el eje Y determino el nodo 2804 con un desplazamiento en la dirección  $Y=0.16M$ . Finalmente llega a la **conclusión** que determino el comportamiento ante la demandas sísmicas de la estructura estudiada, además la metodología aplicada trascienda los respectivos criterios de análisis de vulnerabilidad implícitos en la NSR-10; además la R para los patrones de carga Dx-modal y Dy-modal fueron 1.38 y 1.73, los cuales son menores que el estipulado en la NSR-10 para estructuras porticadas.

Como segundo antecedente **internacional** se considera a Monsalve Acevedo, Y. M., & Carvajal Osorno, F. A. (2021). El cual en su **objetivo** planteado realiza revisiones bibliográficas sobre la comportación sísmica de los pórticos en concreto reforzado realizados en laderas con diferentes niveles de empotramiento y evaluar las evidencias encontradas de un estudio de caso de estructuras con diferentes niveles de empotramiento; la **metodología** que utiliza es descriptivo comparativo; observándose según sus **resultados** obtenidos, que la base sísmica elegida en edificios con cimentación en diferentes niveles de empotramiento solo es relevante en aquellos casos en los cuales los periodos asociados sean mayores o iguales al periodo máximo, además se observa que las estructuras de menor altura requieren un mayor valor de factor de ajuste de cortante basal comparadas con las de mayor altura; llega a las **conclusiones** que según la revisión

bibliográfica encontró que los factores más relevantes en la obtención sísmica de sus estructuras son los ángulos en inclinación y las posibles alturas de la base sísmica considerada; los resultados obtenidos en las cortantes basales dinámicas ajustadas en las diferentes estructuras con distintos niveles de bases sísmicas, llega a concluir que la base sísmica elegida con los niveles de empotramiento, solo es necesario para aquellos periodos de vibración que sean mayores o iguales al periodo máximo, en términos de derivas de piso, determina que independientemente la base sísmica asumida, las derivas no presentan modificación en su magnitud, finalmente el porcentaje de participación modal para alcanzar el nivel mínimo de porcentaje modal según el reglamento NSR-10, se necesita para los modos de vibración un menor número cuando su Angulo de inclinación de su ladea es menor.

Dueñas Cuamacáz, J. Y. (2017), el cual plantea en su **objetivo** en donde determina el actuar estructural y viendo lo económico del “conjunto habitacional Antalya” considerando normativas como (NEC-SEG-CG, 2014) y ACI 310-08 en los que pone en estudio un sistema tradicional de cimentación y aisladores sísmico; para el cual la **metodología** que utiliza es tipo descriptivo comparativo, obteniendo **resultados** de sus derivas en el sentido “X” en el tercer piso es 0.00037, en el segundo piso 0.00954 y en el primer piso 0.01437 y en el sentido “Y” en el tercer piso 0.0000, en el segundo piso 0.0060 y en el primer piso 0.0099, los cuales cumplen con su norma ecuatoriana. Con lo cual diseña el aislador sísmico de una rigidez de  $K_h=15.55 \text{ tn/m}$ , con un área del aislador  $A=1432.80 \text{ cm}^2$ , y diámetro  $D=42.71 \text{ cm}$ . De esta manera llega a la **conclusión** que utilizando aisladores sísmicos tiene el T el valor de 2.34 seg. Así sucesivamente cumple con lo que recomienda la norma chilena; concluye también que al no utilizar aislador sísmico la aceleración espectral que obtiene es  $S_a(T_a) = 1.389(g)$ , mientras que considerando aisladores sísmicos fue de  $S_a(T_a)=0.45(g)$ , en la cual cumple con el objetivo del aislador.



Se considera antecedentes **nacionales** a CUMPA, Blanca (2019), teniendo de **objetivo** en el que diseña su estructura sísmica de una edificación de educación primaria de la UNTRM de Amazonas. La **metodología** es de tipo descriptivo comparativo no experimentado. Obteniendo **resultados** de topografía de un área de 1.364 Ha; realizó 03 calicatas:  $C1=Q_u=0.98\text{kg/cm}^2$ ,  $C2=1.01\text{kg/cm}^2$ ,  $C3=0.98\text{kg/cm}^2$ ; además realizando un análisis con el software SAP, ETABS determino que la combinación modal es superior al 90% en las dos direcciones que cumplen con la norma; obteniendo además la cortante mínimo basal  $VX=81.43\%$  y  $VY=83.36\%$  en el análisis estático y dinámico. La **conclusión** que llego fue que elaboro estudios básicos de topografía, además realizando tres calicatas tuvo una capacidad portante  $Q_u = 0.98\text{ kg/cm}^2$ , tipo de suelo según SUCS: CL arcillas inorgánicas de alta plasticidad los que no fueron favorables para la edificación; además de realizar el diseño sismorresistente optó por realizar platea de cimentación de  $h = 0.50\text{ m}$  con vigas de  $0.30 \times 1.00\text{ m}$ .

Se considera también como antecedentes nacionales a MAMANI, Edwin (2019), teniendo de **objetivo** determinar su performance sísmicamente de una construcción de ocho pisos, esto en la ciudad de Juliaca analizando estáticamente en modo no lineal. Su **metodología** que adopta es una investigación descriptiva. Como **resultados** según ETABS V16 se tiene la irregularidad torsional en dirección X de 0.482cm y en la dirección Y 0.604cm, la irregularidad en planta considerando un periodo de 1.225 obtiene  $UX=0.0253$  y  $UY=0.08014$  y considerando un periodo de 1.089 obtiene  $UX=0.749$  y  $UY=0.0241$ ; el peso total de la edificación es de 1631982.91 kg; del análisis del modelo de la cortante basal vs desplazamiento en el piso más alto de la edificación, en dirección "X" un desplazamiento nulo y corte basal nulo, desplazamiento de 3.4545cm y corte basal de 111.6101Tonf, desplazamiento de 14.356cm y corte basal de 313.4153Tonf, desplazamiento de 17.5136cm y corte basal de 359.1212Tonf; en la dirección "Y" en el primer nivel un desplazamiento nulo y corte basal nulo, en el segundo nivel un desplazamiento de 4.0916cm y corte basal de 103.5745Tonf, en el tercer nivel un desplazamiento de 7.2458cm y corte

basal de 160.6382, en el cuarto nivel un desplazamiento de 12.0948cm y corte basal de 205.0809, en el quinto nivel un desplazamiento de 23.6928cm corte basal de 262.8136Tonf, en el sexto nivel un desplazamiento de 34.9456cm y corte basal de 312.9143Tonf, en el séptimo nivel un desplazamiento de 34.9456cm y corte basal de 313.6299 y en el octavo nivel un desplazamiento de 34.9526cm y corte basal de 313.6868Tonf. Llego a las **conclusiones** que al analizar estáticamente en modo no lineal obtuvo una estimación adecuada en el nivel de desempeño de rigidez estructural, en resistencia, en ductilidad, y energía disipada; además obtuvo la capacidad de la estructura mediante la curva en ambas direcciones principales de los cuales en la dirección "X" muestra una sobrerresistencia de 2.70 y ductilidad de 4.25, en la dirección "Y" muestra una sobrerresistencia de 1.84 y ductilidad de 5.20; también obtiene su espectro de demanda según NTP E.030 que su sismo de servicio fue 0.5 por su sismo de diseño y su sismo máximo obtiene 1.25 veces del sismo de diseño.

Como tercer antecedente nacional se cita a CHAYÑA, Ritshar (2016), teniendo como **objetivo** en el que analiza y diseña en su edificio de 6 pisos en Juliaca acorde con el diseño sismorresistente de la NTP E.030 (2006 Y 2016). Su **metodología** que adopta es de tipo descriptivo comparativo entre las normas E.030-2006 Y la E.030-2016. Como **resultados** se tiene que obtiene el total de sus derivas máximas en el eje "X" y "Y" se localizan en el rango aceptable que establece la normativa de sismorresistencia, excepto la E.030 del 2016, que tiene su deriva máxima en el eje X de 0.012 en el eje Y de 0.0108; también tiene como resultado que el método más conservador analizando estaticamente es con la norma E.030 del año 2006, en el cual es necesario rigidizar lateralmente; como resultado también menciona que obtuvo la cortante máxima  $V_u = 1091.08 \text{ Kg}$  también la resistencia del concreto al corte fue  $V_c = 1152.06 \text{ Kg}$ . Llegando de esta forma a la **Conclusión** que realizando la comparación de resultados bajo la norma de sismorresistente del año 2006 y 2016 concluye que son similares excepto analizando estáticamente con la E.030 - 2016; además concluye que el método más conservador debido a costo es el método estático realizado con

la norma E.030-2006 y el menos costoso es analizando dinámicamente mediante el modal espectral con menos desplazamientos.

En **otros idiomas y artículos** tenemos a Basagiannis, C. (2018). Originalmente en idioma inglés, en su tesis “Diseño sísmico y evaluación de pórticos resistentes a momentos mediante amortiguadores elastoméricos” (Tesis doctoral, Universidad de Oxford). Teniendo como **objetivos**: evaluar las propiedades mecánicas del material, desarrollar un modelo analítico para los amortiguadores que sería adecuado para los análisis lineales de estructuras sometidas a cargas sísmicas, demostrar con el análisis estructural no lineal, la mejora del rendimiento sísmico estructural que se puede lograr mediante la adaptación con amortiguadores elastoméricos, Validación del método de Serie de Tiempo Adaptativo propuesto como un nuevo retardo de tiempo técnica de minimización aplicándola a amortiguadores elastoméricos, Mayor validación del modelo histerético propuesto de los amortiguadores elastoméricos en condiciones realistas utilizando pruebas de subestructura en tiempo real, **concluye** que se ha demostrado que los dispositivos disipadores pasivos son efectivos bajo fuertes terremotos en lo que respecta a la protección sísmica de edificios. Los amortiguadores elastoméricos pueden ser un También es un método muy eficaz de mejora sísmica. Sin embargo, experimentales limitados estudios, falta de información sobre el comportamiento macroscópico de los amortiguadores elastoméricos a lo largo del tiempo, junto con el hecho de que la mayoría de Se han utilizado en técnicas de aislamiento de base crea la necesidad de más análisis analíticos y validación experimental con respecto a su efectividad y enfoque de modelado para mejorar la respuesta sísmica de las estructuras.

Maharjan, M. (2021). Originalmente en idioma inglés, que tiene por título “EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA CARGA SÍSMICA SOBRE HORMIGÓN REFORZADO VERSUS SISTEMAS DE PISOS DE LOSA DE HORMIGÓN PREFABRICADO”, El **objetivo** de la tesis fue analizar los efectos sísmicos y comparar dos forjados se lograron sistemas para

seleccionar el piso de losa eficiente. Las cargas en la viga fueron superior cuando se consideraron cargas sísmicas en comparación con el caso con sólo gravitacionales cargas. La diferencia de momentos positivos fue insignificante, pero los momentos negativos fueron mayor. Esto podría deberse a que solo se aplicaron cargas sísmicas laterales que inducen un alto valor para momentos en las articulaciones. Finalmente **concluye** que la losa prefabricada aumentó significativamente la eficiencia de las cargas en el edificio y demostró ser beneficioso que los sistemas de piso de losa sólida unidireccional reforzados. Además, el uso de losas de PC tiene muchas ventajas sobre el hormigón armado. Aunque el costo de la losa prefabricada es ligeramente caro, es razonable considerando los efectos a largo plazo. También se puede instalar cómodamente y requiere menos mano de obra que los sistemas de piso de hormigón armado.

Godínez (2018), en su artículo que diseña sísmicamente en de concreto reforzado de tipo marco, que consideró criterios distintos en definir la rigideces efectivas de sus elementos estructurales”, menciona que el criterio empleado de sus rigideces efectivas en flexión de los componentes estructurales en el paso de diseños sísmicos en edificaciones, realiza una comparativa de las propiedades dinámicas, de las distorsiones de entrepiso, de los volúmenes de concreto reforzado requeridos y los costos que asocian. Según sus resultados **concluye** que la elección arbitral de los puntos de vista para precisar rigideces en elementos estructurales lograría guiar a diseños sísmicos nada favorables; finalmente puede ver que al emplear otras hipótesis que ayuden a obtener sus rigideces efectivas de acuerdo a un caso equivalente a diseño por rigidez global del sistema y no existe variaciones expresivas de los volúmenes de concreto reforzado, ni existen variaciones de costo final de los edificios que estudió.

Jorquera, N., Ruiz, J., & Torres, C. (2017). En su artículo donde analiza principios de diseño sísmico para la Iglesia de Santo Domingo, que es considerado patrimonio de Santiago - Chile, analiza la iglesia Santo Domingo y su **objetivo** donde descubre las estrategias diseñadas en sismorresistente

que se tienen en el patrimonio arquitectural que fue edificado en la albañilería del centro histórico de Santiago; la **metodología** que adopta es Descriptivo, identificación y análisis comparativo; realiza un análisis estático lineal; **concluye** que la iglesia de santo domingo tiene un diseño resistente a los terremotos basado en: una geometría adecuada; técnicas constructivas eficientes; presencia de dispositivos especiales de resistencia a terremotos como contrafuertes y el esfuerzo del zócalo en la base; las intervenciones de refuerzo de hormigón en las torres que mejoraron la conexión con la base.

## **Bases teóricas**

### **Sismología**

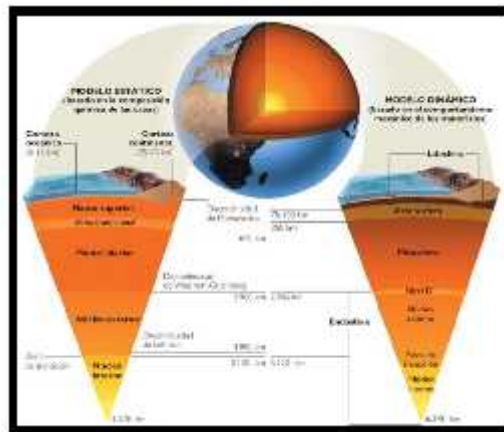
Se define que el Perú es considerado altamente sísmico, donde ocurren terremotos porque se encuentra en la placa de Nazca a través de una secuencia de subducción está internando inferiormente de la placa sudamericana.

### **Principio de los sismos**

Se define que esta apreciación fue descrito a varias causas, de esta forma hasta Reid en 1911 el que describe primeramente el modelo mecánico donde menciona “ la teoría del rebote elástico ”. De acuerdo a su aporte los sismos están en un suceso de desplazamiento elástica y estas acumulan esfuerzos que se generan en la superficie superando la resistencia de todo material rocoso. En ese entonces toda fuerza se relaja parcialmente o totalmente del cual se produce la liberación de energía. El cual expulsa en forma de ondas sísmicas que hacen temblar el terreno, y a este se denomina sismo. (Herráiz Sarachaga, 1997)

Conociendo análisis geofísicos se dieron a entender la conformación interna de la tierra: corteza, manto y núcleo, como se puede observar. (Ver Figura 1).

Figura 1: Capas de la tierra



Fuente: <http://equipo4geografia10.blogspot.pe/2013/10/practica-4-litosfera.html>

El número de placas en la que se divide la Litosfera es 17, estas están en una ininterrumpida interrelación que se refleja con los desplazamientos de las mismas por corrientes de convección de la astenósfera, además un pedazo del manto fundido, y con pequeñas velocidades que no exceden centímetros por año. (Herráiz Sarachaga, 1997).

Se visualizan las placas según la figura: (Ver Figura 2).

Figura 2: Capas tectónicas de la tierra



Fuente: Herráiz Sarachaga (1997)

Además, (Sauter F., 1989) define que ciertos casos la delimitación de las placas será evidente tal cual el caso de la placa Norteamericana con la placa del Caribe, dado que entre los bordes de placa no será expresamente reconocible, que se tiene como caso la placa del caribe y la sudamericana

como en el país de Venezuela tanto en Colombia. También según las exploraciones marinas se observan estos contactos en zonas.

A lo mencionado podemos decir que se debe de comprender el tipo de frontera o límite por ser de vital importancia, ya que las zonas de mayor producción sísmica están dadas en los bordes de las placas.

### **Borde divergente**

Se da en suelos del océano, que se dispersan las placas generando un material nuevo en la cortical en el trayecto de la depresión central para este caso en las cordilleras del centro del océano.

### **Borde convergente**

- **Zonas de subducción:** en una placa inferior de otra, estas son continentales o oceánicas.
- **Zonas de colisión frontal:** se genera en placas continentales.

### **Borde transcurrente**

Este tipo corresponde al desplazamiento es lateral y paralelo que se da en la transformación de las fallas.

Pro dato, el 75% de sismos son generados en zonas de subducción los cuales son demoledores ya que la litósfera tiene un espesor mayor, dado que en otros casos según el área la ruptura posible es mayor.

### **Sismicidad en el Perú**

En América del Sur el borde occidental se describe debido a que es una de las regiones activamente sísmicas del mundo. El territorio Peruano está considerado dentro de ella y su movimiento sísmico más principal está añadido a la subducción de la placa oceánica por debajo la placa continental, produciendo movimientos sísmicos severos en magnitud. Se da también movimientos sísmicos generados por las deformaciones corticales que están a lo largo de nuestra cordillera del ande, presentes en terremotos de menor escala y frecuencia (Tavera y Buforn, 1998).

Se observa que la sismicidad en su ordenación de espacio, debido a movimientos sísmicos y la atenuación que estos presentan va en relación con la longitud epicentral, como con la fuente neotectónica, el país divide en 4 zonas sísmicas (E.030, 2019). (Ver Figura 3).

Figura 3: Zonas sísmicas del Perú



Fuente: Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, 2019.

### Tipos de ondas

Se describe que el fenómeno sísmico genera energía que producirá varios tipos de ondas las cuales serán unas más destructivas que otras, de esta definición se conoce que otros a grandes distancias se mueven mediante rocas a las que se llama ondas de cuerpo, y son las ondas S y ondas P, también existe repeticiones y reflexiones de estas ondas que estando en un interfaz que están en forma de estrato en la superficie y se considera como ondas superficiales, como muestra son las ondas R y L. (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 2015).

**a. Las ondas primarias (P):** consideradas también principales o de dilatación, generan actividad en el sentido de la propagación que produce una compresión y dilatación y viajan en cualquier material.

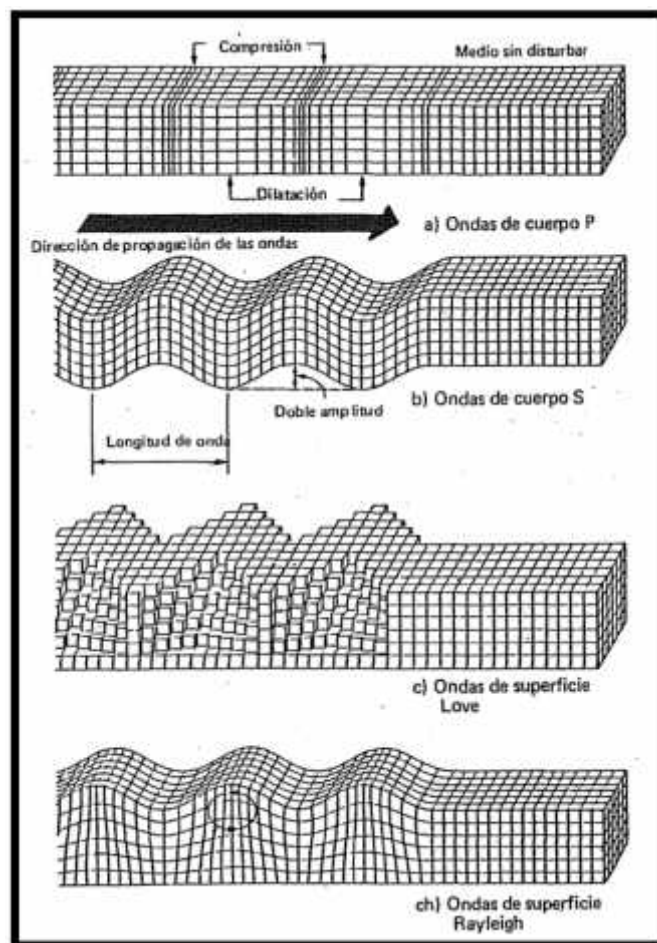


**b. Las ondas secundarias (S):** este tipo de ondas son de corte o transversales el cual genera una alteración en la dirección perpendicular a la propagación, estas ondas viajan en los sólidos puesto que en fluidos no permiten esfuerzos de corte.

**c. Las ondas Raylight (R):** son las que se desplazan similarmente como lo hace la superficie del agua en su ondulación, este mantiene a la vez movimiento horizontal y elíptico.

**d. Las ondas Love (L):** su desplazamiento es parecido a las ondas S, esta se mueve horizontalmente en dirección de propagación en perpendicular. Esta onda S o P generan vibraciones que afectan mayormente a edificios bajos y rígidos, mientras que la onda R o L a edificios elevados y flexibles. En la figura se verifica cada uno de estas ondas: (Ver Figura 4).

Figura 4: Tipos de ondas



Fuente: Sauter F, 1989

## Intensidad y Magnitud

Se describe que para medir la clasificación de un sismo, se considera 2 parámetros: intensidad y magnitud respectivamente. (Guzman Gómez de la Torre, 2015)

**Intensidad:** considera la medición de la energía del movimiento del terreno en una localidad, los daños y efectos que causa. Se describe del lugar de estudio en el área de epicentro que es mayor, y menor cada que se aleja del origen sísmico. Se debe tener consideración que la posición en precisar el nivel de intensidad del movimiento sísmico será considerado subjetivo. Se considera la escala de Mercalli Modificada (MM), que considera entre el grado I al grado XII mostrando en cada grado la percepción que demuestran las personas en un sismo". (Ver Tabla 1).

Tabla 1: Mercalli modificado

| GRADO | DESCRIPCIÓN   |
|-------|---|
| I     | En este grado es sacudido y sentido por algunas personas y se da en una condición especialmente favorable.  |
| II    | En este grado es sacudido y sentido por algunas personas en reposo, y se dan más en niveles elevados de los edificios. Los objetos colgantes pueden oscilar.  |
| III   | Se sacude y siente en forma clara en el interior de ambientes, y se da en los niveles elevados de la edificación, una mayoría de personas no consideran como un temblor. Un vehículo de motor estacionado se mueve ligeramente. La vibración que da es como el paso de un carro pesado. Duración estimable.   |
| IV    | Sacudido y sentido en el día por varias personas en los interiores, por unos en exteriores. En la noche algunos suelen despertar. Vibran las vajillas, los vidrios de ventanas y puertas; el muro cruje. Sensaciones de un carro pesado que choca a una edificación, los carros de motor que están estacionado se balancea claramente.<br>Tabla 1: Mercalli modificado (continúa) |

|      |   |
|------|---|
| V    | Sacudido sentido por la mayoría; casi todos despiertan. Alguna vajilla, vidrio de la ventana, etc. suelen romperse; se da algunos agrietamientos en aplanado; se cae objetos inestables. Se ven perturbación de los árboles, poste y objetos elevados. Los relojes de péndulo se detienen.  |
| VI   | Sacudido sentido por la mayoría; varias personas huyen atemorizados hacia las calles. Unos muebles de peso mueven de sitio; mínimos casos de caída en aplanado daño a la chimenea. El daño es ligero.   |
| VII  | Todos presencian. Las personas salen a las calles. En edificios sísmicos el daño es sin importancia. El daño es ligero para una estructura ordinaria bien construida; el daño es considerable en un edificio débil o mal planeado; algunas chimeneas fallan. Es estimado por las personas que conducen vehículos.   |
| VIII | Leves daños en edificios de buen diseño; moderado en edificaciones ordinarias con derrumbe parcial; gran daño en edificios contruidos débilmente. El muro se sale de su armadura. Las chimeneas se caen y las pilas de productos en un almacén, columna, monumento y muro. Los muebles pesados se caen, la arena y lodo proyectado en pequeña cantidad. El nivel de agua en los pozos cambia. Las personas pierden el control de los vehículos en movimiento. |
| IX   | Daños considerables en los edificios de buen diseño; la armadura de una edificación bien planeada se desploma; gran daño en un edificio sólido, con derrumbe parcial. Las edificaciones se sale de sus cimientos. Se agrieta el terreno notoriamente. Existe rotura de tuberías subterráneas.   |
| X    | Las estructuras de madera de buena construcción se destruyen; las estructuras de mampostería se destruyen desde su cimiento. La vía del ferrocarril se tuerce de su eje. Existe   |

|     |   |
|-----|---|
|     | deslizamiento de consideración en el margen de los ríos y fuertes pendientes. El agua se sale de su margen e invade las zonas de margen.  |
| XI  | Las edificaciones de mampostería en su mayoría se caen a los suelos. Los puentes colapsan. Existe en el terreno grietas anchas. Existe un colapso total de las tuberías subterráneas. Se da Hundimiento y derrumbe en los terrenos suaves. Existe una considerable torsión de las vías férreas. |
| XII | Existe una destrucción catastrófica. En el terreno se visualiza ondas. En los niveles de ríos, lagos y mares existe perturbación de sus cotas. Objeto lanzado en los aires.   |

Fuente: Sociedad Mexicana de ingeniería sísmica (2015)

### **Magnitud:**

Se define a la magnitud como una medición cuantitativa e instrumental que se da en la liberación de energía sísmica, que es producido por la separación en la zona de falla. (Zamudio Díaz, 2003).

Esta constante que es única y autónomo del lugar o sitio donde se observa, se establece conociendo la amplitud máxima de medidas obtenidas por el sismógrafo. Existen diferentes medidas de magnitud de acuerdo al valor a usar:

- a) Magnitud Local ( $M_L$ ):** Indicador planteado según Richter en 1935 considerado sísmicamente en el sur de California. Fundamentado en una medida de un sismógrafo llamado Wood-Anderson que se ubicaba a 100 km distante del epicentro.
- b) Magnitud de ondas de cuerpo ( $M_b$ ):** Utilizada en obtener la dimensión de los sismos distantes mayores a 500 km a las que se llaman “telesismos”, con hipocentros de hasta 70 km sobre la corteza.
- c) Magnitud de superficie ( $M_s$ ):** Es utilizado en determinar la amplificación de las ondas en la superficie dado por los telesismos.
- d) Magnitud de Momento ( $M_w$ ):** en California Technological Institute (Catchel) Hiro Kanamori, elaboró su escala nueva, que localiza origen sísmico. De esta forma describe de una manera eficiente el

sismo puesto que obtiene datos por encima los que representarían sucesos de altas magnitudes. De esta forma es que busca solucionar las complicaciones que se da al satisfacer las medidas de la magnitud en los valores por encima. De esta forma considera como acto seguido de la magnitud  $M_s = 7.5$  para los datos altos.

### **Norma Técnica Peruana NTP E.030 – 2019**

El País es considerado por la ubicación geográfica como zona altamente sísmico, por lo que para construcciones edificadas y las edificaciones proyectadas o que recientemente fueron construidas representa un peligro sísmico de nivel alto, en gran medida bajo estos parámetros y condiciones, que se relacionan con las fuerzas sísmicas con las fuerzas que actúan en las bases y que seguidamente transmiten a la estructura en cada uno de los desplazamientos laterales de cada nivel de entrepiso de la construcción que la fuerzas producen como los momentos torsores, los esfuerzos internos y otros valores que requieren el análisis de acuerdo a nuestra norma vigente para que las construcciones se comporten adecuadamente durante un sismo.

De esta forma la NTP E.030, induce pues que una construcción esté construida en base a los parámetros mínimos de rigidez, deformaciones, los momentos torsionales y esfuerzos internos de los propios elementos de la estructura, por lo que es necesario realizar un diseño y ver los comportamientos de la edificación y que se cumplan los parámetros de la normativa peruana.

#### **- Filosofía y Principios del Diseño Sismo resistente**

Se conoce por principio que los sismos son efectos naturales que tiene la tierra por ser dinámica y estar en continuo movimiento, ya que las malas edificaciones son las que devastan la vida y salud, asimismo nuestra norma peruana se basa en garantizar la protección de las mismas permitiendo que la edificación cumpla con los parámetros mínimos de sismo, con estos principios propone:

- a) Prevenir la pérdida de los seres humanos

- b) Garantizar la constancia básica de servicio
- c) Reducir el daño a la propiedad

- **Zonificación sísmica, factor de Zona “Z”**

En cuanto a la zonificación de acuerdo a la norma peruana el Perú considera cuatro zonas de sismo (Ver Figura 5), y cada zona registra el grado de sismo según las caracterizaciones considerados de estos sismos. Por lo que en cada zonificación se considera un factor Z que representaría la zona en el que está ubicada, representa a la máxima aceleración horizontal del suelo (roca) considerando la posibilidad del 10% en sobresalir del rango en 50 años semejante a un rango retornante en 475 años. Por lo que el valor es interpretado en tanto por ciento de la aceleración de gravedad. (Ver Tabla 2).

Figura 5: Zonas sísmicas del Perú



Fuente: NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”, 2019.

Tabla 2: Factores de zona “Z”

| FACTORES DE ZONA “Z” |      |
|----------------------|------|
| ZONA                 | Z    |
| 4                    | 0.45 |
| 3                    | 0.35 |
| 2                    | 0.25 |
| 1                    | 0.10 |

Fuente: NTP E.030 - 2019

### Perfiles de suelo

En cuanto al perfil del suelo, la norma peruana considera la clasificación teniendo como punto la velocidad promedio de propagación dada por la onda de corte ( $V_s$ ), considerando también en los suelos granulares, promediando ponderadamente los  $N_{60}$  obteniéndose del SPT, o también el promedio que se pondera en la resistencia al corte condicionalmente no drenada ( $S_u$ ) en suelos cohesivos. Las siguientes características se deben determinar en perfiles de suelo superiores a los 30 m a partir del nivel de la base del cimiento, (NTP, E.030 - 2019). (Ver tabla 3).

Tabla 3: Clasificación y perfiles de suelo

| PERFILES DE SUELO |                           |                                       |          |                  |
|-------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------|------------------|
| TIPO              | DESCRIPCION               | $V_s$                                 | $N_{60}$ | $S_u$            |
| S0                | ROCA DURA                 | >1500 m/s                             | .....    | .....            |
| S1                | ROCA O SUELOS MUY RIGIDOS | 500 m/s a 1500 m/s                    | >50      | >100 kPa         |
| S2                | SUELOS INTERMEDIOS        | 180 m/s a 500 m/s                     | 15 a 50  | 50 kPa a 100 kPa |
| S3                | SUELOS BLANDOS            | <180 m/s                              | <15      | 25 kPa a 50 kPa  |
| S4                | CONDICIONES EXCEPCIONALES | Se clasifica este tipo en base al EMS |          |                  |

Fuente: NTP E.030 - 2019

### Parámetro de sitio, factor $S$ , periodo $T_P$ y periodo $T_L$

De acuerdo a la normativa peruana E.030-2019 que asocia el factor “Z” con el perfil de suelo que se considera en la Tabla 3, y define el parámetro “S” que corresponde a cada uno de los casos (Ver Tabla 4). También se menciona el periodo  $T_P$ , (periodo que define la plataforma del factor C) y  $T_L$  (período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante) (Ver Tabla 5).

Tabla 4: Factor de suelo

| FACTOR DE SUELO “S” |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|
| suelo<br>zona       | S0   | S1   | S2   | S3   |
| Z4                  | 0.80 | 1.00 | 1.05 | 1.10 |
| Z3                  | 0.80 | 1.00 | 1.15 | 1.20 |
| Z2                  | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.40 |
| Z1                  | 0.80 | 1.00 | 1.60 | 2.00 |

Fuente: NTP E.030-2019

Tabla 5: Periodos  $T_P$  y  $T_L$

| PERIODOS “ $T_P$ ” Y “ $T_L$ ” |                 |      |      |      |
|--------------------------------|-----------------|------|------|------|
|                                | Perfil de suelo |      |      |      |
|                                | S0              | S1   | S2   | S3   |
| $T_P$                          | 0.30            | 0.40 | 0.60 | 1.00 |
| $T_L$                          | 0.80            | 2.50 | 2.00 | 1.60 |

Fuente: NTP E.030-2019

### Factor de amplificación sísmica “C”

Se considera “C”, que la norma considera a la amplificación del aceleramiento sísmico en la edificación con el aceleramiento del suelo. El coeficiente “C” está sujeto también a los parámetros  $T_P$ ,  $T_L$  y  $T$ , considerando a  $T$  como el periodo fundamental de vibración de la edificación.



El factor “C” se puede determinar de acuerdo a las expresiones que se mencionan a continuación de acuerdo a la NTP E.030-2019:

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T^2}\right)$$

$$T < 0.2 * T_P \quad C = 1 + 7.5 * \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

### Categoría de las edificaciones y factor de uso “U”

Sometido a la E.030 toda edificación es considerada acorde a su uso o importancia según la categoría indicada en la Tabla 6. El parámetro (U), será necesario de acuerdo a la clasificación que se considere la estructura. Por lo que también en edificios que consideran aislamiento sísmico para la base se considerara U = 1 (NTP E.030 - 2019). (Ver Tabla 6).

Tabla 6: Categoría de la edificación y factor U

| CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN Y FACTOR “U” |  |               |
|--|--|---------------|
| CATEGORÍA                                | DESCRIPCIÓN  | FACTOR U      |
| Edificaciones esenciales<br>(A)          | A1: Considerados Establecimientos de salud (públicos y privados) del 2do y 3er nivel, de acuerdo a la normativa de Ministerio de Salud.              | Ver nota N° 1 |
|  | A2: Considerados puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones, estaciones de bomberos, reservorios, centros de salud, etc. | 1.5           |
| Edificaciones importantes<br>(B)         | Cines, teatros, estadios, coliseos, y demás edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas.   | 1.3           |
| Edificaciones comunes<br>(C)             | Edificación común tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, etc.   | 1.0           |
| Edificaciones temporales<br>(D)          | Construcción provisional para depósitos, casetas y otras similares.  | Ver nota N° 2 |

Fuente: NTP E.030-2019

Según la Nota N° 1 de la norma: En la categoría A1 las edificaciones nuevas consideraran sísmicamente un aislamiento en la base según se consideren en las zonas 4 y 3. Por tanto para Z que está en 1 y 2, la unidad que está a cargo de la construcción tomara decisiones si realiza o no aislamiento sísmico. En el caso que no se considere utilizar aislamiento sísmico para 1 y 2, se considerara que el factor U mínimo sea 1.5, (NTP E.030-2019).

De acuerdo a la Nota N° 2 de la norma: para este tipo de edificaciones se considerara la resistencia y rigidez idóneas para los esfuerzos laterales, según lo decida el proyectista (NTP E.030-2019). Siempre teniendo en cuenta la categorización de acuerdo a la norma E.030-2019.

### **Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (Ro)**

De acuerdo a la normativa E. 030 – 2019 se considera 4 tipos (acero, concreto armado, albañilería confinada y madera), de esta forma todos los elementos considerados para la estructura deben obedecer a los parámetros mínimos estipulados en el RNE para cada uno de los casos.

La tabla 7 describe para cada sistema estructural de C° A° y para todo los elementos considerados las condiciones mínimas de resistencia frente a esfuerzos que se generan por los movimientos sísmicos. (Ver Tabla 7).

Para el “Ro” se somete a la calidad estructural del edificio que predomina en las dos direcciones, en la tabla 8 se puede visualizar los valores para este coeficiente. (Ver Tabla 8).

Tabla 7: Sistemas estructurales

| S. ESTRUCTURAL  | ELEMENTOS QUE LO CONFORMAN         | DESCRIPCIÓN   |
|-----------------|------------------------------------|---|
| CONCRETO ARMADO | Pórticos                           | ≥ 80% de la cortante basal se da sobre las columnas de los pórticos.  |
|                 | Muros Estructurales                | ≥ 70% de la cortante basal se da sobre los muros estructurales.   |
|                 | Dual                               | > al 20% y < al 70% de la cortante basal se da en los muros, y en los pórticos mínimamente el 30%.  |
|                 | Muros de ductilidad limitada (MDL) | La resistencia sísmica y de cargas de gravedad obtenidas de los muros de concreto armado en mínimos espesores. Refuerzo vertical en una sola capa dependientemente del confinamiento. Máx. 8 niveles. |

Fuente: NTP E.030-2019

Tabla 8: Coeficiente básico de reducción sísmica

| SISTEMA ESTRUCTURAL                | R <sub>0</sub> |
|------------------------------------|----------------|
| CONCRETO ARMADO                    |                |
| Pórticos                           | 8              |
| Dual                               | 7              |
| Muros estructurales                | 6              |
| Muros de ductilidad limitada (MDL) | 4              |
| Albañilería armada o confinada     | 3              |
| Madera (por refuerzos admisibles)  | 7              |

Fuente: NTP E.030-2019

### Factores de Irregularidad “I<sub>a</sub>”, “I<sub>p</sub>”

Para estos factores la E.030-2019, considera según el tipo de estructura ya sea regular o irregular, considerando estructura regular a los que resisten a fuerzas laterales y no muestran ninguna irregularidad mencionado en la tabla 9 y tabla 10. De ser así, los valores de “I<sub>a</sub>” o “I<sub>p</sub>” se considerara el valor de 1.0; y para las estructuras irregulares que se den según la Tabla 9 y 10, ya sea en altura o en planta, además debemos tomar el valor menor de acuerdo a lo que se ha obtenido para las direcciones analizadas. (Ver Tabla 9 y Tabla 10).

Tabla 9: Factor de irregularidad I<sub>a</sub>

| IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA   | FACTOR “I <sub>a</sub> ” |
|---|--------------------------|
| Irregularidad de Rigidez – Piso Blando<br>Irregularidad de Resistencia – Piso Débil | 0.75                     |
| Irregularidad Extrema de Rigidez<br>Irregularidad Extrema de Resistencia            | 0.5                      |
| Irregularidad de Masa o Peso  | 0.9                      |
| Irregularidad Geométrica Vertical   | 0.9                      |
| Discontinuidad en los Sistemas Resistentes  | 0.8                      |
| Discontinuidad Extrema de los Sistemas Resistentes                                  | 0.6                      |

Fuente: NTP E.030-2019

Tabla 10: Factor de irregularidad I<sub>p</sub>

| IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA | FACTOR “I <sub>p</sub> ” |
|---|--------------------------|
| Irregularidad Torsional                 | 0.75                     |
| Irregularidad Torsional Extrema         | 0.6                      |
| Esquinas Entrantes                      | 0.9                      |
| Discontinuidad del Diafragma            | 0.85                     |
| Sistemas no Paralelos                   | 0.9                      |

Fuente: NTP E. 030-2019

### Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas “R”

El factor “R” se debe considerar el producto de los factores según la siguiente expresión:

$$R = R * I_1 * I_2$$

Cabe mencionar que de acuerdo a la clasificación de las estructuras ya sea regula o irregular, considerando las restricciones de la Tabla 11, se establece procedimientos para su análisis, y determinando el factor “R” tal como se presenta para cada zona considerando la categoría de las edificaciones, que también debe tomar en cuenta las restricciones de irregularidad para cada tipo (A, B y C). (Ver Tabla 11).

Tabla 11: Categoría y regularidad de las edificaciones

| CATEGORIA DE LA EDIFICACIÓN | ZONA     | RESTRICCIONES   |
|-----------------------------|----------|---|
| A1 y A2                     | 4, 3 y 2 | Están prohibida las irregularidades   |
|                             | 1        | No se deben dar irregularidades extremas  |
| B                           | 4, 3 y 2 | No se deben dar irregularidades extremas  |
|                             | 1        | No existe restricciones   |
| C                           | 4 y 3    | No se deben dar irregularidades extremas  |
|                             | 2        | No se deben dar irregularidades extremas obviando en edificaciones menores o iguales a 2 niveles u 8m en total de altura. |
|                             | 1        | No existe restricciones   |

Fuente: NTP E.030-2019

### Modelo para el análisis

Se debe considerar tomando en cuenta las distribuciones espaciales de masa y rigidez indicadas y que se ajusten a la similitud de características para verificar el comportamiento de la edificación. También nos da a conocer para construcciones de C° A° y para el caso de albañilería hay que realizar los cálculos de inercias brutas, independientemente del esfuerzo.

En las edificaciones que se consideran diafragmas rígidos, la representación que se realizara mediante un modelo se diseñara mediante la concentración de sus masas y por diafragma 3 grados de libertad, el cual se da de 2

formas ortogonales en cada caso (traslación horizontal y rotación). De esta forma se compatibilizaran las deformaciones de cada elemento en base al criterio de sus diafragmas rígidos y las fuerzas horizontales en planta, se realizara considerando la resistencia de rigidez de cada elemento (NTP E.030 - 2019).

### **Estimación del peso (P)**

Para la estimación del peso sísmico se considerara el 100% de su carga muerta (CM) del edificio, y un porcentaje determinado de carga viva (CV - sobrecarga) de acuerdo a su categoría, (Ver Tabla 12).

Tabla 12: Estimación del peso sísmico

| CATEGORIA                  | % CM | % CV             |                  |
|----------------------------|------|------------------|------------------|
|                            |      | PISOS INFERIORES | TECHOS Y AZOTEAS |
| A                          | 100% | 50%              | 25%              |
| B                          | 100% | 50%              | 25%              |
| C                          | 100% | 25%              | 25%              |
| DEPÓSITOS                  | 100% | 80%              | 25%              |
| TANQUES SILOS, Y SIMILARES | 100% | 100%             | 25%              |

Fuente: NTP E.030 - 2019

### **Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes**

Para analizar estáticamente el método se define de acuerdo las cargas que inducen a la estructura en su centro de masa en cada piso de la construcción, (NTP E.030-2019).

Con el análisis estático se podrán analizar edificaciones regularmente o irregularmente que se encuentran en la zona 1, las edificaciones que se definen como regulares menores a 30 m de altura y las edificaciones con muros portantes de C° A° y albañilerías confinadas menores de 15 m en su altitud, aun siendo irregular, (NTP E.030-2019).

### **Fuerza cortante en la base**

Se considera la cortante basal en cada una de las direcciones de los esfuerzos y está dada por:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

De la ecuación se considera:

- V : Fuerza cortante en la base.
- Z : Factor de zona.
- U : Factor de uso o importancia.
- C : Factor de amplificación sísmica.
- R : coeficiente de reducción sísmica.
- P : Peso de la edificación.

Para el dato C/R en las direcciones analizadas cumplirá según la descripción:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

### **Distribución de la fuerza sísmica en altura**

Para las fuerzas del sismo en cada piso de la construcción, esta deberá ser calculada mediante la siguiente expresión establecida según la norma E.030-2019:

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i * (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j * (h_j)^k}$$

De la ecuación se considera:

- V : La fuerza cortante.
- $P_i$  : El peso del nivel i.
- $h_i$ : La altura de nivel i considerando el nivel del terreno.
- n : El total de pisos del edificio.

Para la expresión el dato para “k” es en función al “T” considerada para la edificación, el que se define en lo siguiente:

a) Si T es menor o igual a 0,5 segundos, entonces: k = 1,0.

b) Si T es mayor que 0,5 segundos, entonces: k = (0,75 + 0,5 T) 2,0.

### Periodo fundamental de vibración “T”

Este factor “T” está sometido a propiedades de rigideces y distribuciones de las masas de la estructura. Este factor “T” de acuerdo a la consideración de la norma peruana, es calculado para las diferentes direcciones en los que se realiza el análisis y está dado por:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

De la expresión se verifica:

- $h_n$ : Es la altura total del edificio considerada de los niveles de terreno.
- $C_T$  : 35 considerar en edificio donde la resistencia de la estructura en cualquiera de las direcciones sean determinados:
  - ✓ como sistema porticado de C° A° que no tenga muro de corte.
  - ✓ como sistema porticado dúctil en aceros y su unión sea resistente a su momento, que no considere arriostramientos.
- $C_T$  : 45 considerar en edificio donde la resistencia de la estructura en cualquiera de las direcciones sean determinados:
  - ✓ como pórtico de C° A° que tenga muro en las secciones de ascensor y escalera.
  - ✓ como pórtico arriostrado en aceros.
- $C_T$ : 60 considerar en edificio que tiene en su estructura la albañilería y también en edificaciones duales de C° A°.

Cabe mencionar también que el factor “T” queda definida en forma apropiada según las características de la estructura y de los desplazamientos (deformaciones) de cada elemento resistente, y se obtiene el valor según la ecuación:

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n F_i * d_i^2)}{(g * \sum_{i=1}^n f_i * d_i)}}$$

De la expresión se define:

- $f_i$ : es la fuerza lateral que se da en el piso “i” que corresponde a la distribución de alturas similar al 1er modo analizado.
- $d_i$ : son las deformaciones de los centros de masas del piso i ocasionados por los esfuerzos  $f_i$ . Estas deformaciones se obtienen

designando el modelo lineal elástico de la edificación, pero en las estructuras de C° A° y albañilerías se considera solo sus secciones que no presentan fisuras.

**Nota:** se debe de tener en cuenta que el valor de “T” obtenido tomando en cuenta las propiedades de la edificación (modelos matemáticos), este deberán ser menor en 25 % de T obtenido según métodos aproximados. Si en el análisis no se estima la rigideces no estructurales de cada elemento, entonces el periodo fundamental t se define en 0,85 del valor elaborado con la fórmula.

### **Excentricidad accidental**

La NTP E.030-2019, indica que, en las edificaciones que tengan diafragma rígido, determina que en cada piso las fuerzas ( $F_i$ ) actúan en los centros de masa de su respectivo piso y queda definida por las excentricidades propias de la edificación por los efectos de excentricidad accidental (en direcciones analizadas) tal que se detalla seguidamente:

a) Cabe mencionar que para cada nivel el centro de masas, con la fuerza lateral estática que actúa en ella, se sobrepone un momento torsor accidental ( $M_u$ ) dada por la siguiente expresión:

$$M_u = \pm F_i * e_i$$

Se debe de tener en cuenta para las diferentes direcciones de análisis la excentricidad de cada nivel ( $e_i$ ), el valor 0,05 veces la magnitud de la edificación en direcciones perpendiculares del análisis.

b) en caso se obtengan las excentricidades accidentales más desfavorables, iguales en signo para todos los niveles. Se toman en cuenta solamente los incrementos y no las disminuciones de las fuerzas horizontales.

### **Fuerzas sísmicas verticales**

Se debe de considerar la fuerza sísmica vertical en fracciones de pesos como  $2/3 Z * U * S$ .



Para los elementos en sentido horizontal de luces mayores, considerando volado, se precisa analizarlos dinámicamente con sus espectros que se definieron en las aceleraciones espectrales.

### **Análisis dinámico modal espectral**

El análisis dinámico modal espectral es un método aplicable a todo tipo de estructura que al diseñar, se realiza dinámicamente un análisis de modos espectralmente por combinación mediante modos de vibración, la cortante mínima, excentricidad accidental y aceleración espectral.

### **Modos de vibración**

Los modos de vibración podrán determinarse por una técnica de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas.

En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis, (NTP E.030-2019).

### **Aceleración espectral**

Cabe mencionar que al analizar con espectros inelásticos en pseudo-aceleraciones, la aceleración espectral es definida:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

De la ecuación se menciona:

- “Sa” es la aceleración espectral
- “Z” es el factor de zona.
- “U” es el factor de uso.
- “C” es el factor de amplificación sísmica.
- “R” es el coeficiente de reducción sísmica.
- “g” es la aceleración de gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Teniendo en cuenta del análisis en direcciones verticales puede hacerse uso de espectros de iguales valores a 2/3 del espectro considerado en dirección horizontal, empleando los datos de C, considerados según factor de amplificación sísmica (C), salvo en la zona con período muy corto ( $T < 0.2 T_P$ ), por lo que consideramos:

$$T < 0,2T_P \quad C = 1 + 7,5 \left( \frac{T}{T_P} \right)$$

### **Criterios de combinación**

Realizando este proceso se define, que se pretende tener la respuesta máxima elástica esperada (r) en los esfuerzos internos de cada elemento que lo componen la edificación, así también sus factores globales de la edificación que son la cortante basal, la cortante de entrepisos, el momento de volteo, las deformaciones totales y deformación relativo de cada uno de los entrepisos.

De esta forma la (r) producto de varios efectos como modo de vibraciones empleados ( $r_i$ ) determinándose con las combinaciones cuadráticas completas de cada valor obtenido en cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

Así “r” es la respuesta modal, desplazamientos o esfuerzos. Y de esta forma el coeficiente de correlación para cada caso es según la expresión:

$$\rho_{ij} = \frac{8\beta^2(1+\lambda)\lambda^{3/2}}{(1-\lambda^2)^2 + 4\beta^2\lambda(1+\lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

$\beta$ , es la fracción del amortiguamiento crítico, el cual se define como constante igual a 0,05 para todos los modos.

i, j son las frecuencias angulares en los modos i, j.

De esta forma la respuesta máxima quedara definida por la siguiente ecuación:

$$r = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

### **Fuerza cortante mínima**

Considerando el análisis en toda las direcciones, la fuerza cortante para el 1er entepiso de la edificación tendrá que ser mayor del 80 % del valor obtenido según el Artículo 25 (Modelos para el análisis) para edificaciones regulares, tampoco menos que 90 % para edificaciones irregulares.

Seria dable aumentar el cortante para cumplir los parámetros mínimamente descritos, se podrán subir equitativamente los resultados que obtuvieron, más no las deformaciones, (NTP E.030-2019).

### **Excentricidad accidental (efectos de torsión)**

Para la ubicación de los centros de masa en cada uno de los niveles, se tomara en cuenta de una excentricidad accidental que es perpendicular a la dirección del sismo este será 0,05 veces la dimensión del edificio en la direcciones perpendiculares a la dirección de análisis. Es así que para cada uno de ellos se considerara el más desfavorable signo. (NTP E.030-2019).

### **Determinación de desplazamientos laterales**

Considerando las direcciones analizadas, los desplazamientos laterales se obtendrán mediante el producto de 0,75 multiplicado por R (en una estructura regular) y definido por 0.85 R (para una estructura irregular) estos valores calculados en los análisis lineales y elásticos, y las solicitaciones sísmicas reducidas.

### **Desplazamientos laterales relativos admisibles**

Se debe tener presente que el desplazamiento relativo de los entrepisos máximos para la dirección “X” e “Y”, considerado en el artículo 31 de la NTP E.030 2019, esta no será superior a la división de alturas de entrepisos (que viene a ser la distorsión) a los límites especificados. (Ver Tabla 13).

Tabla 13: Límites de distorsión de entrepiso

| LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO |                    |
|--|--------------------|
| MATERIAL PREDOMINANTE                    | $(\Delta l / h_e)$ |
| CONCRETO ARMADO.                         | 0,007              |
| ACERO.                                   | 0,010              |
| ALBAÑILERÍA.                             | 0,005              |
| MADERA.                                  | 0,010              |
| EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON MDL.    | 0,005              |

Fuente: NTP E.030-2019

NOTA: las derivas en “X” e “Y”, en edificios que son para usos industriales serán definidas por cada proyectista sin exceder el doble de los parámetros que define la presente tabla.

### Diseño sísmico

Es el modelamiento que se realiza a una estructura o edificación para conocer si el diseño sísmico es el adecuado, el cual garantice una estructura eficiente y eficaz respecto a las cargas de los sismos.

### Método de elementos finitos

El MEF es considerado un método numérico planteado para resolver problemas de ingeniería de alta complejidad, ya que la particularidad de este método es volver los elementos infinitos en finitos y así realizar el cálculo matricial mediante las rigideces de cada elemento que conforma una edificación y así determinar una solución analítica para la toma de decisiones.

El Autodesk Robot Estructural para realizar sus cálculos utiliza este método matricial en sus resultados de Método de Elementos Finitos (MEF).

### Modelamientos

Los modelamientos son los análisis de combinaciones que nos permiten conocer los diferentes comportamientos de una estructura frente a las diferentes cargas y reacciones ya sean verticales y horizontales.

## **Alcances y limitaciones de la investigación**

### **a) Alcances de la investigación**

La presente investigación detalla los aspectos referentes al diseño sísmico empleando el MEF de robot estructural para el cálculo estructural y sísmico de la edificación multifamiliar en el distrito de Ilave, provincia El Collao, Departamento Puno.

### **b) Limitaciones de la investigación**

La principal limitante es que no existen laboratorios certificados dentro del distrito de Ilave, para lo cual se tendrá que trasladar las muestras como de suelos y agregados al departamento de la capital Puno.

## **III. METODOLOGIA**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **Tipo de investigación**

En la siguiente Tesis el tipo de investigación es **aplicada**. (CONCYTEC, 2018)

#### **Nivel de investigación**

Se considera el nivel de investigación para la siguiente Tesis y es **descriptivo**.

#### **Enfoque**

El enfoque es de tipo **cuantitativo**.

#### **Diseño de investigación**

En cuanto a diseño de investigación considerada en esta Tesis es de tipo no experimental. (Hernández, F. y Baptista 2014).

### **3.2. Variables y operacionalización**

En el desarrollo de esta Tesis, se consideró la variable independiente y dependiente que se definen a continuación: (Ver Anexo N° 1).

**Variable independiente (X):** Edificio multifamiliar

- Definición conceptual:

El edificio multifamiliar es aquella en la que una construcción vertical u horizontal está dividida en varias unidades de viviendas integradas que comparten el terreno como bien común.

- Definición operacional:

Se busca salvaguardar y garantizar una estructura de ergonomía con parámetros que satisfagan con lo estipulado en las normas peruanas, para garantizar la buena estadía de las personas.

### **Variables dependientes (Y):**

#### **Factor suelo:**

- Definición conceptual:

Suelo es el sustrato físico sobre el que se realizan las obras, del que importan las propiedades físico-químicas, especialmente las propiedades mecánicas. Sólidos, que constituyen el esqueleto de la composición del suelo.

- Definición Operacional:

La función principal es otorgar una capacidad portante adecuada de la edificación para disipar las cargas y esfuerzos al suelo mediante las zapatas.

#### **Análisis sísmico**

- Definición conceptual:

El método sísmico consiste en reducir las fuerzas dinámicas que actúan en las estructuras durante un sismo a cargas estáticas horizontales y en diseñar dichas estructuras para resistir estas cargas.

- Definición Operacional:

La función principal que tiene de salvaguardarse las vidas de las persona y dar estabilidad a la estructura frente a cargas verticales y horizontales que se presentan en una estructura.

### **Diseño estructural**

- Definición conceptual:

Este es una de las ramas en el que se considera la Ingeniería Civil y se desarrolla iniciando del potencial que los materiales ofrecen así como sus propias características que los hacen específicas, su costo bajo y sus propiedades mecánicas que poseen.

- Definición Operacional:

Son los resultados con los que se modela la edificación basado en los parámetros que establece la Norma E.060 respecto del análisis estructural.

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo**

**Población:** Edificios multifamiliares de cinco niveles de la ciudad de Ilave. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

**Muestra:** Edificio multifamiliar de cinco niveles, en el cual se aplica la tesis.

**Muestreo:** No probabilístico (que se tomó por conveniencia).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnica:**

Procedimos utilizar esta Técnica de observación directa: para la presente investigación se observará los planos de Arquitectura, para obtener datos para el proyecto, también se tomara datos del EMS, RNE y posterior cálculo sísmico según la Norma E.030.

#### **Instrumento:**

Para la presente tesis se empleó la ficha de EMS (Ver Anexo N° 3), y los planos de distribución de la arquitectural y los planos estructurales que se muestran en los resultados.

### **3.5. Procedimiento**

Primeramente se hizo un diagnóstico del sitio, para luego realizar el EMS, luego el desarrollo de los planos arquitectónicos y de estructuras en 2D con el software Auto CAD 2014; posteriormente realizar un levantamiento de los planos en 3D con el software Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2017, para luego llevar a cabo el diseño sísmico estático y dinámico de acuerdo a la normativa peruana E.030 – 2019, donde también consideramos las normas del RNE como E.020, E.050 y E.060 de concreto armado respectivamente.

Una vez obtenido los resultados de la cortante basal estático se analiza el diseño sísmico dinámico modal espectral obteniendo el cortante dinámico y se procede a verificar con la norma los desplazamientos y las derivas de los pisos tanto en dirección “X” y Dirección “Y” hasta que cumpla de acuerdo a los parámetros de la norma mediante el periodo fundamental de vibración; luego se procede a dimensionar los elementos estructurales con el Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2017.

### **3.6. Método de análisis de datos**

En la Tesis procedimos a realizarle una consideración de valores en forma descriptiva, para verificar y analizar los diseños sísmicos de la edificación multifamiliar, según a la normativa E.0.30.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se considera que para el diseño realizado, es autoría propia del investigador, en base al RNE, y respetando el código de ética de ser profesional, donde se verifica que los resultados obtenidos son válidos; también se verificó todo los procedimientos y resultados que fueron elaborados sean propios, para el cual fue revisado la originalidad mediante el turnitin de la plataforma de la UCV.



## IV. RESULTADOS

### 4.1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

#### 4.1.1. Localización

El edificio multifamiliar donde se desarrolla este trabajo de Tesis se encuentra en el Jr. Ocoña N° 326 (Interior), en el Distrito de Ilave, Provincia de El Collao, Departamento de Puno, como se puede ver en la imagen satelital. (Ver Figura 6).

Figura 6. Mapa satelital de la ubicación del proyecto.



Fuente: Google Earth Pro

#### 4.1.2. Del estudio de Mecánica de Suelos

Como dato en obtener la capacidad portante del suelo empleado el EMS mediante el ensayo de compresión Triaxial realizado durante el mes de Junio que nos da un valor de  $Q_{adm}=0.88 \text{ Kg/cm}^2$  a un nivel de desplante de 2m para zapatas de tipo cuadrada.

El tipo de suelo según SUCS es Suelo de cimentación: CH arcilla de alta plasticidad,  $LL>50\%$ , muy compresibles. (Ver Anexo N° 3).

#### 4.1.3. Características arquitectónicas

Área del terreno : 120.93 m<sup>2</sup>

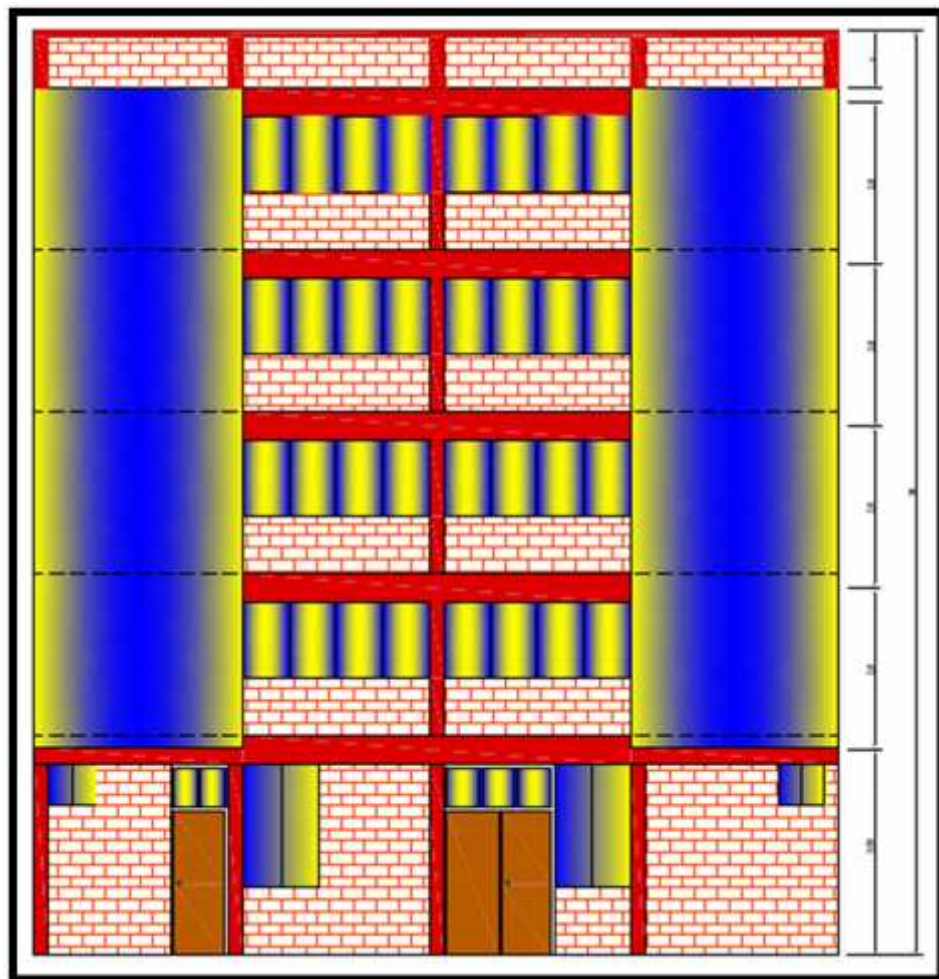
Número de pisos : 05 pisos

Tipo de uso : Vivienda multifamiliar

Altura de entrepiso : primer piso 3.60m, 2do, 3er, 4to y 5to piso 2.80m.

Debido a que la edificación estará ubicada en el interior, cuenta con un patio delantero, dentro de la edificación se considera en el primer nivel: un Hall, una sala, una cocina y comedor, baño y escalera; para el segundo, tercero, cuarto y quinto nivel se considera para cada nivel dos dormitorios, una sala de estudio, una sala, una cocina comedor, baño y escalera. (Ver Figura 7, Figura 8 y Figura 9).

Figura 7. Plano de elevación frontal.



Fuente: AutoCAD 2014.

Figura 8. Plano de Distribución del 1er Nivel.



Fuente: AutoCAD 2014.

Figura 9. Plano de Distribución 2do, 3ro, 4to y 5to Nivel



Fuente: AutoCAD 2014.

#### **4.1.4. Características de la estructura**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| El Tipo de estructura   | : Concreto armado                        |
| El Tipo de entrepiso es | : Losa aligerada armada en una dirección |
| Las Escaleras           | : Dos tramos por cada nivel              |

#### **4.2. Estructuración**

Se describe que la edificación abarca vigas de cimentaciones, columnas, vigas, muro de albañilería y losa aligerada.

Sus muros son portantes quedan distribuidos en ambas direcciones del edificio y los niveles está definido mediante entrepiso aligerado. Para este tipo de edificación las cargas naturales están siendo resistidos por los muros que son portantes los cuales sostienen el peso propio y el peso de la losa. Asimismo, sus fuerza horizontal generada en cada piso por sismos son disipados por estos muros.

Se sabe que de acuerdo al R.N.E se consideran muros portantes cuando son mayores o iguales a 1.20 m.

Para el presente proyecto se planteó en la dirección "X", 5 ejes definidos como 1, 2, 3, 4 y 5 y en la dirección "Y" se planteó 3 ejes definidos como A, B y C. las vigas principales son consideradas en la dirección "Y" debido a tener la mayor luz libre de la edificación, las columnas son uniformes para toda la edificación, se adopta una losa aligerada de tipo ortotropico en una sola dirección considerando estas en dirección de la luz más corta, finalmente se planteó una estructura de tipo Concreto Armado.

##### **4.2.1. Materiales de construcción**

Seguidamente se describe los materiales empleados y sus respectivas propiedades mecánicas:

Concreto:

El Peso volumétrico del concreto armado:  $2400 \text{ kg/m}^3 = 2.4 \text{ Tn/m}^3$

El Peso volumétrico del concreto ciclópeo:  $2200 \text{ kg/m}^3 = 2.2 \text{ Tn/m}^3$

El Peso volumétrico del tarrajeo:  $2000 \text{ kg/m}^3 = 2 \text{ Tn/m}^3$

Resistencia a la Compresión:

Concreto armado:  $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2 = 0.21 \text{ Tn/m}^2$

Del Concreto ciclópeo:  $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2 = 0.1 \text{ Tn / m}^2$

La Deformación Unitaria Máxima Utilizable:  $\epsilon_u = 0.003$

El Módulo de Elasticidad:

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c} = 217370.6512 \text{ kg/cm}^2 = 2173706.512 \text{ Tn/m}^2$$

El Módulo de Poisson:

$\nu = 0.15$  (fuente: Mecánica de materiales, 6ta Edición- R.C.Hibbeler).

Módulo de Corte:  $G = \frac{E_c}{2.3} = \frac{217370.6}{2.3} \Rightarrow G = 94,508.9788$

El Acero de refuerzo:

El esfuerzo de Fluencia:  $f'_y = 420 \text{ Mpa} = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

La deformación Unitaria Máxima:  $\epsilon_s = 0.002$

El Módulo de Elasticidad:  $E_s = 196000 \text{ Mpa} = 2'000,000 \text{ kg/cm}^2$

El Módulo de Poisson:  $\nu = 0.32$  (de la fuente: Mecánica de materiales, 6ta Edición- R.C.Hibbeler).

La Albañilería: king kong industrial:

Se sabe que Puno se ubica en zona sísmica por lo que se considera según la norma NTE E 0.70:

El peso volumétrico de la albañilería:  $1800 \text{ kg/m}^3 = 1.8 \text{ Tn/m}^3$

La resistencia a Compresión Axial de las Unidades:  $f'_b = 145 \text{ kg/cm}^2$

La resistencia a Compresión Axial en Pilas:  $f'_m = 65 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow 650 \text{ Tn/m}^2$

La resistencia al Corte en Muretes:  $\nu'_m = 8.1 \text{ kg/cm}^2$

El Módulo de Elasticidad:

$$E_m = 500 f'_m = 500 * 65 = 32500 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow 325000 \text{ Tn / m}^2$$

El Módulo de Corte:

$$G_m = 0.4 * E_m = 0.4 * 32500 = 13000 \text{ kg/cm}^2 = 13000 \text{ kg/cm}^2$$



El módulo de Poisson:  $\nu = 0.25$  (según San Bartolomé - laboratorio de la PUCP).

Losas aligeradas:

- El peso de losa del entrepiso ( $e=0.20$ ):  $300 \text{ kg/m}^2 = 0.3 \text{ Tn/m}^2$
- El peso de losa del techo ( $e=17$ ):  $280 \text{ kg/m}^2 = 0.28 \text{ tn/m}^2$

Las Sobre cargas:

- La sobrecarga de entrepiso:  $200 \text{ kg/m}^2 = 0.2 \text{ tn/m}^2$
- La sobrecarga de escalera:  $200 \text{ kg/m}^2 = 0.2 \text{ Tn/m}^2$
- La sobrecarga de azotea:  $100 \text{ kg/m}^2 = 0.1 \text{ Tn/m}^2$
- La sobrecarga de cimentación:  $500 \text{ kg/m}^2 = 0.5 \text{ Tn/m}^2$

Otras cargas:

- El peso del sobrecimiento y terreno ( $e=0.40$ ):  $800 \text{ kg/m}^2 = 0.8 \text{ Tn/m}^2$
- El peso de acabados:  $100 \text{ kg/m}^2 = 0.1 \text{ Tn/m}^2$
- El tarrajeo de los muros en un solo lado  $= 0.01 \cdot 2.5 \cdot 2000 = 0.05 \text{ Tn/m}$ .
- El tarrajeo de los muros en un solo lado  $= 2 \cdot 0.01 \cdot 2.5 \cdot 2000 = 0.1 \text{ Tn/m}$ .
- El parapeto de la azotea y tarrajeo  $= 0.13 \cdot 1.1 \cdot 1800 + 0.01 \cdot 1.1 \cdot 2000 = 0.2794 \text{ Tn/m}$ .

#### **4.3. Predimensionamientos de cada elemento estructural**

Para predimensionar cada elemento estructural, se procede a definir las estructuras según a los parametros establecidas en el RNE.

##### **4.3.1. Muros portantes de ladrillo**

Para este caso se considera el espesor efectivo "t" mínimo de acuerdo al Artículo 19 descrito en el RNE E.070 como:

$$t \geq \frac{h}{z}, \text{ considerado para la zona sísmica 2 y 3}$$

H= la altura del entrepiso:  $h = 2.80 \text{ m}$

$$t \geq \frac{2.80}{20} = 0.14 \text{ m} \sim 0.15 \text{ m}$$

#### 4.3.2. Losa aligerada armada en una dirección

Para la siguiente investigación, se optó por usar losas aligeradas para todos los niveles de la edificación, ya que las fuerzas cortantes en un muro disminuyen en consideración usando losas aligeradas. De esta forma para el presente proyecto se considera los espesores de la losa aligerada según como se indica en la tabla para definir el peralte de la losa. (Ver Tabla 14).

Tabla 14: Peralte de losas aligeradas

| Luz del tramo     | Menores a 4 m | Entre 4 y 5.5 m | Entre 5 y 6.5 m | Entre 6 y 7.5 m |
|-------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Peralte losa (cm) | 17            | 20              | 25              | 30              |

Fuente: (Blanco Blasco, 1994).

Debido a que para nuestro caso la luz más larga mide 4.40m, se consideró según la Tabla 14, peralte de losa aligerada para todos los pisos de 0.20m.

Por lo cual para la estimación del peso se considera  $300 \text{ kg/cm}^2$ , el cual tiene una distribución ortotrópica debido al proceso constructivo del aligerado del ladrillo y viga chata. (Ver Figura 10).

Figura 10: Detalle de Losa aligerada de 0.20m.



Fuente: Propio.

#### 4.3.3. Vigas peraltadas

En este caso para las vigas peraltadas se considera de acuerdo al siguiente cálculo:

$$H_v = \frac{L_{m\acute{a}x}}{11} = \frac{4.40}{11} = 0.40 \cong 0.40m$$

Donde:

- $H_{viga}$  : Peralte de Viga
- $L_{m\acute{a}x}$  : Luz mayor entre apoyos.

Se considera para la base el mínimo que viene a ser 0.25m.

Por lo tanto nuestro diseño será de 0.25 de ancho y 0.40m de altura (peralte de viga).

Las vigas chatas serán consideradas de 0.10m de ancho y altura 0.20m, por el propio diseño constructivo.

#### 4.3.4. Columnas

Las dimensiones de las columnas se determinan preliminarmente a través del siguiente criterio:

$$A_r \cdot b = \frac{P_s}{0.45 f'_c}$$

Donde:

- $P_{servicio}$  : Carga axial correspondiente a la sumatoria de cargas muertas y cargas vivas.
- $f'_c$  : Es la resistencia a la compresión del concreto.

Para nuestra Tesis considerando un sistema regular de la edificación en planta y en altura; se consideran para la presente investigación como sigue: columna rectangular de 0.25m x 0.4m para todas las columnas.



#### **4.4. DISEÑO SÍSMICO**

En consideración a la normativa peruana E.030 Diseño Sismorresistente, vamos a definir los parámetros a considerar para realizar el análisis sísmico:

##### **Factor de zona (Z)**

Como la presente edificación se localiza en la región de Puno, en la provincia de El Collao, Distrito de Ilave, por lo que de acuerdo a la norma de sismorresistente se ubica en la zona 3, por lo tanto se considera  $Z=0.35$ .

##### **Perfiles de suelo**

Para la presente investigación consideramos según el resultado del EMS considerada para la tesis, el perfil de suelo Tipo S3 el cual corresponde a suelos blandos.

##### **Parámetros de sitio ( $S$ , $T_P$ y $T_L$ )**

Para el estudio se obtuvo según SUCS un tipo de suelo CH: arcilla inorgánica, de alta plasticidad con un límite líquido mayor al 50% (suelos blandos), de esta manera se considera  $S = 1.20$ ,  $T_P = 1.0$  seg. y  $T_L = 1.6$  seg.

##### **Factor de amplificación sísmica (C)**

Este factor que cumple para el diseño es  $C=2.5$ , ya que cumple con la descripción considerada en la norma de sismorresistente  $T < T_P$  ( $0.25 < 1.0$ ).

##### **Categorías de las edificaciones y factor de uso (U)**

En este caso el factor de importancia o factor de uso (U) pertenece a la categoría C de **edificaciones comunes** en viviendas por lo que se considera según la normativa peruana sísmico  $U=1.0$ .

### **Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas ( $R_0$ )**

Se define que según la clasificación del edificio multifamiliar se usara el coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas  $R_0 = 8$  (por ser estructura de concreto armado de tipo pórtico).

### **Factores de irregularidad ( $I_a$ , $I_p$ )**

Se considera los factores de irregularidad como:  $I_a$ = irregularidad en altura y  $I_p$ =irregularidad en planta. Que se calculan según el modelado estructural.

Para el presente diseño como nuestra estructura es regular, se considera para el análisis sísmico  $I_a=1$  y  $I_p=1$ .

### **Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica ( $R$ )**

Para la Tesis se considera como coeficiente de reducción sísmica que se calcula mediante el producto del coeficiente  $R_0$  y los factores  $I_a$ ,  $I_p$ , de acuerdo a la siguiente expresión:

$$R=R_0.I_a.I_p$$

$$R=8*1*1$$

$$R=8$$

Es así que se considerara como  $R$  tal como se ve en los cálculos anteriores:  $R=8$

### **Estimación de peso ( $P$ )**

Para nuestro peso se estima que de nuestra edificación se considera la categoría C, y tomamos el 25% de la CV (carga viva).

Nuestro peso para la estimación será:

$$P=100\%CM+25\%CV$$

#### 4.5. Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

##### 4.5.1. Metrado de cargas

Se realiza el cálculo de fuerza cortante, para lo cual requerimos como dato nuestro metrado de cargas del edificio según la estimación del peso total de la edificación. (Ver Tabla 15).

Tabla N° 15: Metrado de cargas

| NIVEL | VIGAS  | COLUMNAS | LOSAS  | ACABADOS | TABIQUERIA | SOBRECARGA | CM      | CV     | P         |
|-------|--------|----------|--------|----------|------------|------------|---------|--------|-----------|
| 5     | 24.744 | 5.04     | 7.2558 | 12.093   | 12.093     | 12.093     | 61.2258 | 12.093 | 64.24905  |
| 4     | 24.744 | 10.08    | 7.2558 | 12.093   | 12.093     | 24.186     | 66.2658 | 24.186 | 72.3123   |
| 3     | 24.744 | 10.08    | 7.2558 | 12.093   | 12.093     | 24.186     | 66.2658 | 24.186 | 72.3123   |
| 2     | 24.744 | 10.08    | 7.2558 | 12.093   | 12.093     | 24.186     | 66.2658 | 24.186 | 72.3123   |
| 1     | 24.744 | 11.43    | 7.2558 | 12.093   | 12.093     | 24.186     | 67.6158 | 24.186 | 73.6623   |
| Σ     |        |          |        |          |            |            |         |        | 354.84825 |

Fuente: Propio.

Obteniéndose de esta forma  $P=354.8483$  Tnf como estimación de peso sísmico.

##### 4.5.2. Fuerza cortante en la base

Para la estructura la V, considerada a la dirección correspondiente, se determina por este enunciado:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

$Z=0.35$  (es el Factor de zona)

$U=1.00$  (es el Factor de uso)

$C=2.50$  (es el Factor de amplificación sísmica)

$S=1.20$  (es el Factor de suelo)

$R=8.00$  ( coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas)

$T_P = 1.00$  seg. (Periodo corto)

$T_L = 1.60$  seg. (Periodo largo)

Tenemos nuestra cortante basal.

$$V=46.5738$$

#### 4.5.3. Distribución de la fuerza sísmica en altura

Para la fuerza sísmica la distribución en los niveles  $i$ , de acuerdo a la dirección que se realiza, se calculan como sigue:

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Considerándose  $k = 1$ . Esto debido a que el  $T$  es menor que 0.5 seg respectivamente.

Tabla 16: Fuerzas en cada nivel

| NIVEL    | P        | h     | $P_i(h_i)^k$ | $\alpha_i$ | $F_i$ |
|----------|----------|-------|--------------|------------|-------|
| 5        | 64.24905 | 14.75 | 947.6735     | 0.2967     | 13.82 |
| 4        | 72.3123  | 11.95 | 864.1320     | 0.2705     | 12.60 |
| 3        | 72.3123  | 9.15  | 661.6575     | 0.2071     | 9.65  |
| 2        | 72.3123  | 6.35  | 459.1831     | 0.1438     | 6.70  |
| 1        | 73.6623  | 3.55  | 261.5012     | 0.0819     | 3.81  |
| $\Sigma$ |          |       | 3194.14729   | 1          |       |

Fuente: propio.

De esta forma tenemos las fuerzas para cada nivel de nuestro edificio:

$$F_5=13.82$$

$$F_4=12.60$$

$$F_3=9.65$$

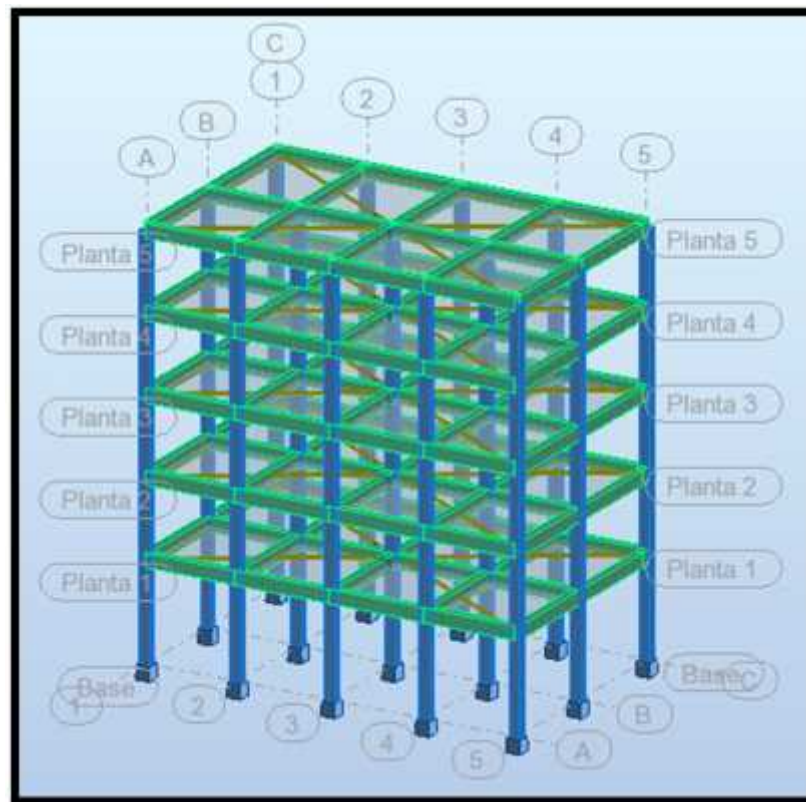
$$F_2=6.70$$

$$F_1=3.81$$

#### 4.5.4. Diseño del edificio en el software Robot Estructural 2017.

Se procede a desarrollar la estructura en el Software Autodesk Robot Estructural Analysis 2017, para el cual se considera el predimensionamiento detallado, además de las distancias de entrepisos para el análisis estático o de fuerza equivalente tal como se muestra. (Ver Figura 11).

Figura 11: Diseño del Edificio en 3D. (Pórtico).

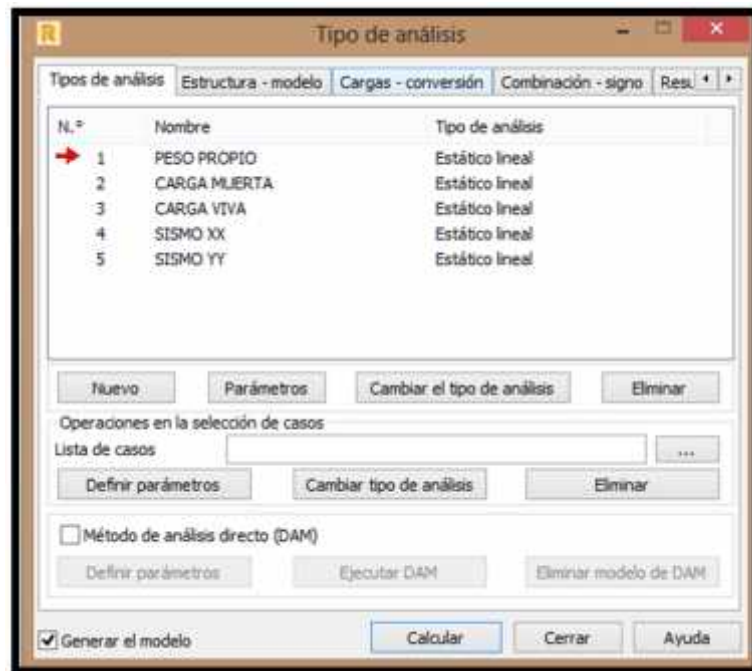


Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

#### 4.5.5. Tipo de análisis

Para nuestro análisis sísmico estático, se consideró los 5 tipos de análisis tal como se describe en el gráfico todos de tipo estático lineal para peso propio, carga muerta, carga viva, sismo XX y sismo YY respectivamente. (Ver Figura 12).

Figura 12: Tipo de análisis para cada caso.

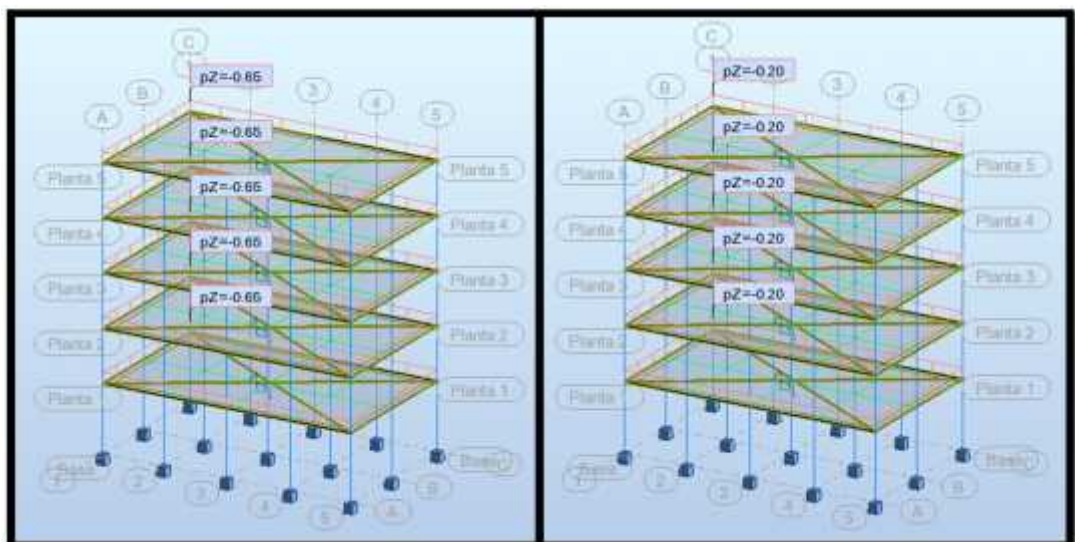


Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

#### 4.5.6. Asignaciones de la carga muerta (CM) y carga viva (CV)

Cuando se realizó el análisis sísmico estático se asignó las cargas muertas y sobrecargas para cada nivel. (Ver Figura 13).

Figura 13: Distribución de Carga muerta y sobrecarga.

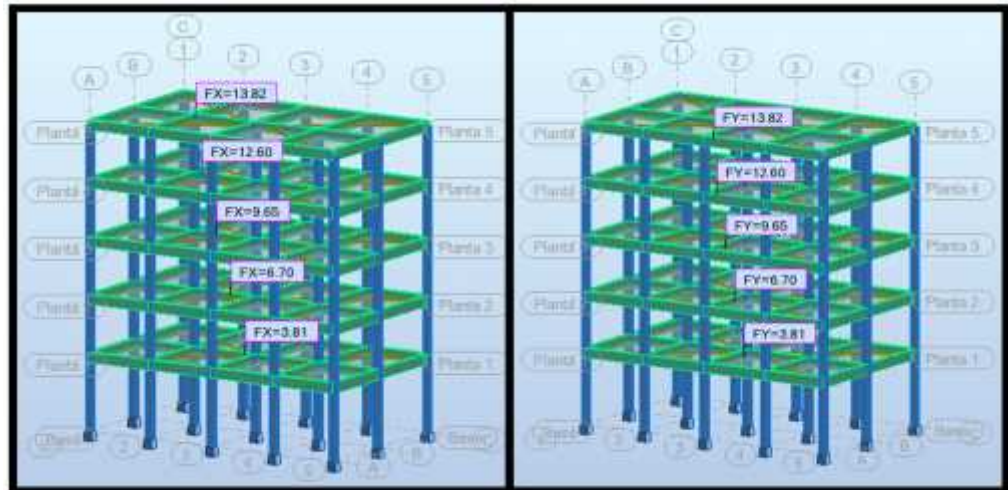


Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

#### 4.5.7. Cargas de sismo en “XX” y “YY”

Para nuestro análisis sísmico estático consideramos las fuerzas sísmicas para cada nivel en el eje “XX” y también en el eje “YY”. (Ver Figura 14).

Figura 14: distribución de fuerzas sísmicas en XX y YY.

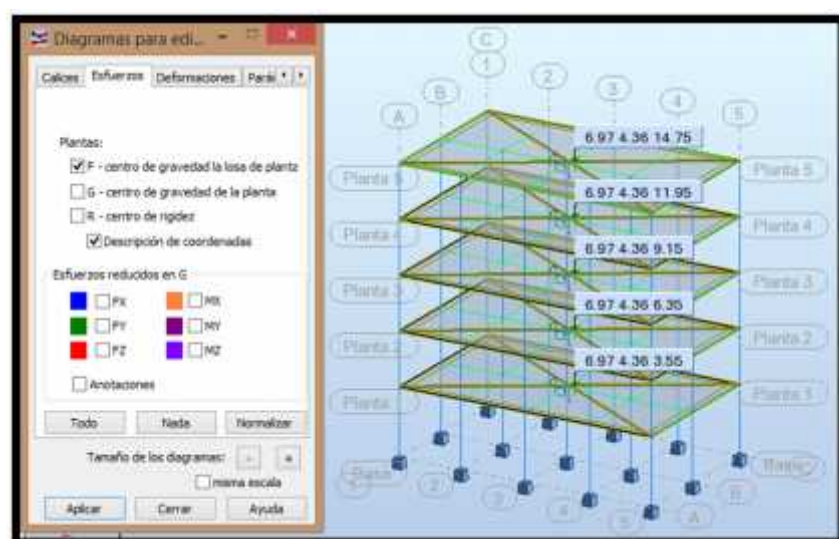


Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

#### 4.5.8. Definición del centro de gravedad

Para definir las fuerzas de sismo se aplicó en un punto en este caso al centro de gravedad de la losa de cada nivel. (Ver Figura 15).

Figura 15: Centro de gravedad de cada nivel.



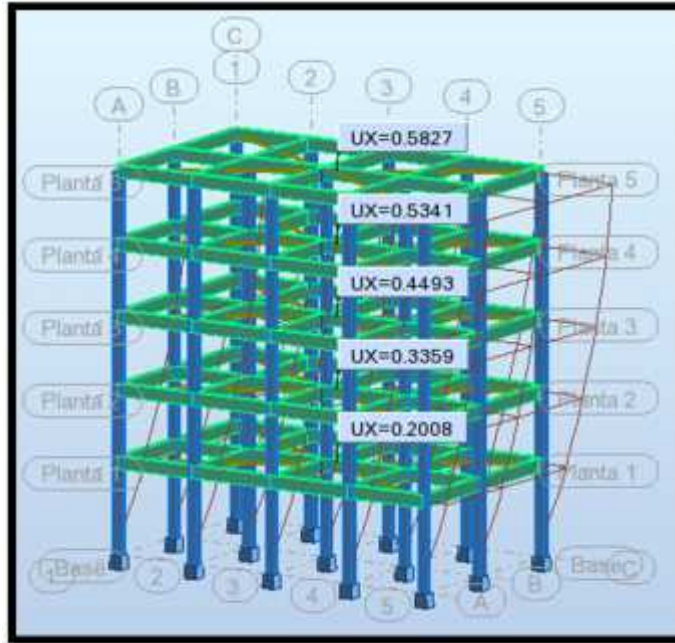
Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.



#### 4.5.9. Cálculo de los desplazamientos laterales

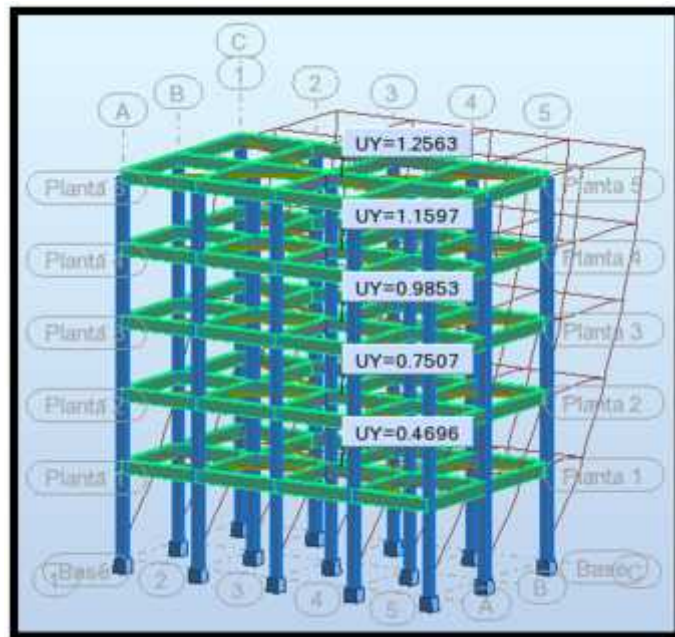
Se verifico los desplazamientos laterales en ambas direcciones con el software Autodesk Robot Structural Analysis 2017. (Ver Figura 16 y Figura 17).

Figura 16: Desplazamientos laterales en la dirección XX.



Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

Figura 17: Desplazamientos laterales en la dirección YY.



Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.



#### 4.5.10. Verificación de las derivas y desplazamientos laterales

Seguidamente se visualiza la verificación de derivas y desplazamientos laterales para la dirección “X” y para la dirección “Y” de acuerdo a la normativa peruana, donde el desplazamiento relativo de entrepiso es 0.007 para concreto armado. (Ver Tabla 17).

Tabla 17 : Derivas máximas de la dirección “X” y “Y”.

| Nivel | h   | R (X,Y) |    | DESPLAZAMIENTOS |        | DERIVA   |          | 0.75*R*Ui  |            | Di/hi     |          | CONTROL XX |        | CONTROL YY |           |
|-------|-----|---------|----|-----------------|--------|----------|----------|------------|------------|-----------|----------|------------|--------|------------|-----------|
|       |     | RX      | RY | UX              | UY     | Deriva X | Deriva Y | 0.75*RX*UX | 0.75*RY*UY | X         | Y        | XX         | XX     | YY         | YY        |
| 5     | 280 | 8       | 8  | 0.5827          | 1.2563 | 0.0486   | 0.0966   | 0.437025   | 7.5378     | 0.0015608 | 0.026921 | 0.007      | CUMPLE | 0.007      | NO CUMPLE |
| 4     | 280 | 8       | 8  | 0.5341          | 1.1597 | 0.0848   | 0.1744   | 0.400575   | 6.9582     | 0.0014306 | 0.024851 | 0.007      | CUMPLE | 0.007      | NO CUMPLE |
| 3     | 280 | 8       | 8  | 0.4493          | 0.9853 | 0.1134   | 0.2346   | 0.336975   | 5.9118     | 0.0012035 | 0.021114 | 0.007      | CUMPLE | 0.007      | NO CUMPLE |
| 2     | 280 | 8       | 8  | 0.3359          | 0.7507 | 0.1351   | 0.2811   | 0.251925   | 4.5042     | 0.0008997 | 0.016086 | 0.007      | CUMPLE | 0.007      | NO CUMPLE |
| 1     | 360 | 8       | 8  | 0.2008          | 0.4696 | 0.2008   | 0.4696   | 0.1506     | 2.8176     | 0.0004183 | 0.007827 | 0.007      | CUMPLE | 0.007      | NO CUMPLE |

Fuente: Propia.

En la tabla 17, se puede observar que en la dirección “Y” los valores calculados exceden de 0.007 como parámetro máximo que recomienda la norma E.030; por lo tanto la estructura no cumple con los requisitos mínimos establecidos, por lo que se procede a incrementar la rigidez de la vigas y columnas dándole mayor sección, especialmente en la dirección “Y”.

#### 4.6. Análisis estático (2da iteración)

##### 4.6.1. Metrado de cargas (2da iteración)

Se vuelve a metrar las cargas para realizar la segunda iteración y se consideró una mayor rigidez en las secciones de columnas y vigas para rigidizar la estructura.

Se aumentó la sección de todas las columnas en general considerando de esta forma 0.30m x 0.60m para todas las columnas de la estructura.

En cuanto a las vigas se aumentó la sección a 0.30m x 0.55m quedando como vigas principales en la dirección Y; y las vigas en la dirección X se mantiene la sección en 0.25m x 0.50m.

De esta forma se tiene el peso total estimado de la edificación de 412.13625tn. (Ver Tabla 18)

Tabla 18: Metrado de cargas para la 2da iteración.

| NIVEL | VIGAS  | COLUMNAS | LOSAS  | ACABADOS | TABQUERIA | SOBRECARGA | CM      | CV     | P                  |
|-------|--------|----------|--------|----------|-----------|------------|---------|--------|--------------------|
| 5     | 28.728 | 9.072    | 7.2558 | 12.093   | 12.093    | 12.093     | 69.2418 | 12.093 | 72.26505           |
| 4     | 28.728 | 18.144   | 7.2558 | 12.093   | 12.093    | 24.186     | 78.3138 | 24.186 | 84.3603            |
| 3     | 28.728 | 18.144   | 7.2558 | 12.093   | 12.093    | 24.186     | 78.3138 | 24.186 | 84.3603            |
| 2     | 28.728 | 18.144   | 7.2558 | 12.093   | 12.093    | 24.186     | 78.3138 | 24.186 | 84.3603            |
| 1     | 28.728 | 20.574   | 7.2558 | 12.093   | 12.093    | 24.186     | 80.7438 | 24.186 | 86.7903            |
|       |        |          |        |          |           |            |         |        | <b>Σ 412.13625</b> |

Fuente: Propio.

#### 4.6.2. Fuerza cortante en la base (2da iteración)

Con las mismas consideraciones de los parámetros sísmicos, se obtuvo la cortante basal para el nuevo peso de la edificación rigidizada, obteniendo la siguiente cortante basal.

$$V=54.0929$$

#### 4.6.3. Distribución de la fuerza sísmica en altura (2da iteración)

Calculando nuevamente la distribución de la fuerza sísmica para cada nivel con las secciones rigidizadas.

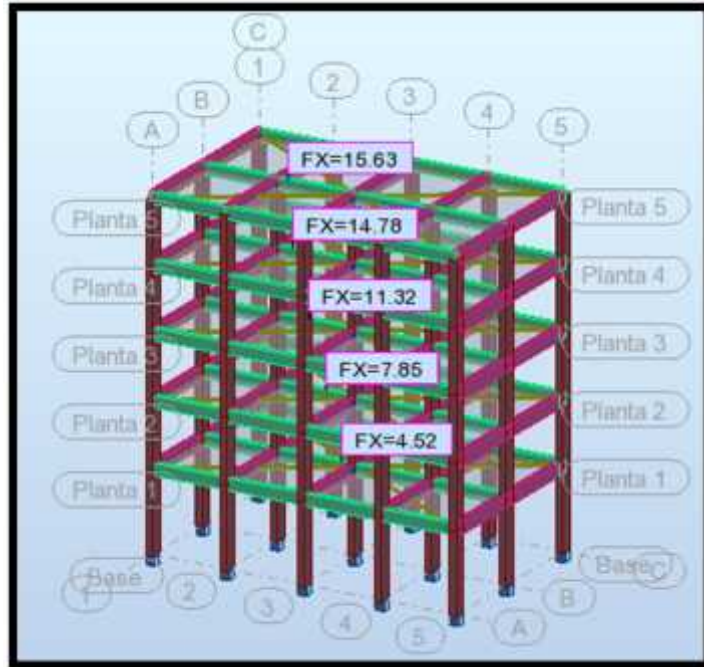
Tabla 19: Fuerzas sísmicas en cada nivel de la 2da iteración.

| NIVEL | P        | h     | $P_i(h_i)^k$ | $\alpha_i$         | $F_i$    |
|-------|----------|-------|--------------|--------------------|----------|
| 5     | 64.24905 | 14.75 | 947.6735     | 0.2889             | 15.63    |
| 4     | 72.3123  | 11.95 | 864.1320     | 0.2732             | 14.78    |
| 3     | 72.3123  | 9.15  | 661.6575     | 0.2092             | 11.32    |
| 2     | 72.3123  | 6.35  | 459.1831     | 0.1452             | 7.85     |
| 1     | 73.6623  | 3.55  | 261.5012     | 0.0835             | 4.52     |
|       |          |       | <b>Σ</b>     | <b>3194.147288</b> | <b>1</b> |

Fuente: Propio.

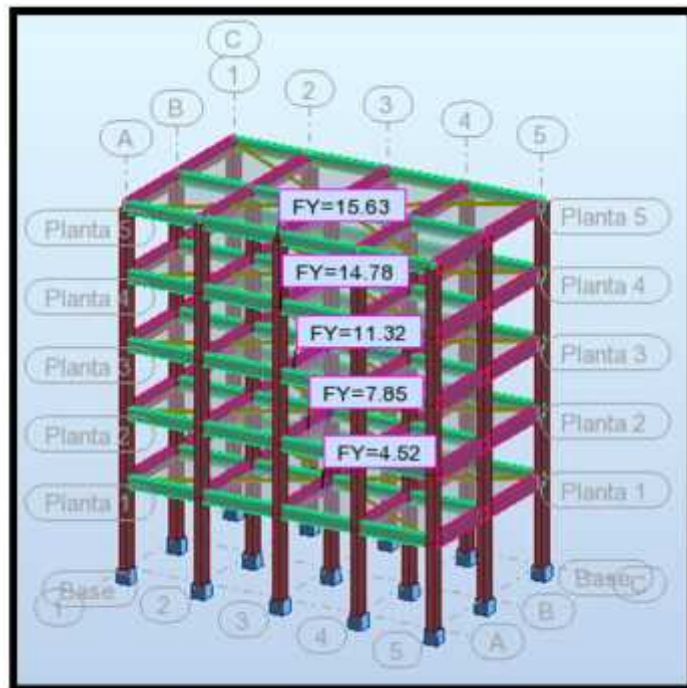
De esta forma se considera las fuerzas sísmicas para cada nivel de la 2da iteración considerando las nuevas secciones de vigas y columnas. (Ver Figura 18 y Figura 19).

Figura 18: Distribución de fuerzas sísmicas en dirección X.



Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

Figura 19: Distribución de fuerzas sísmicas en dirección Y.

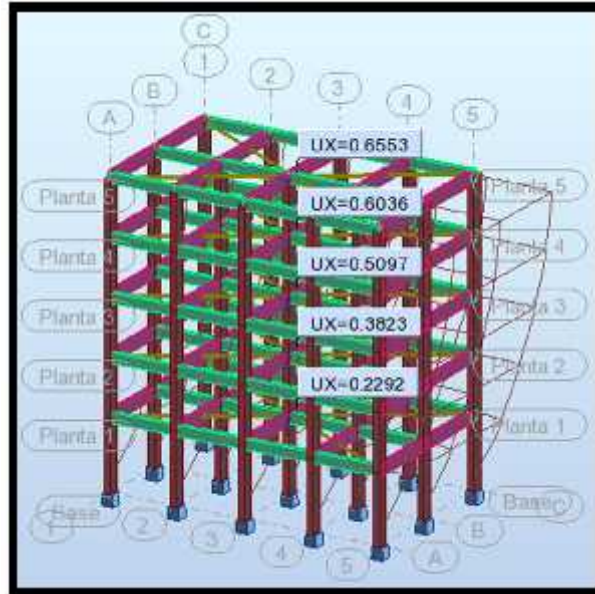


Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

#### 4.6.4. Desplazamiento laterales de la 2da iteración

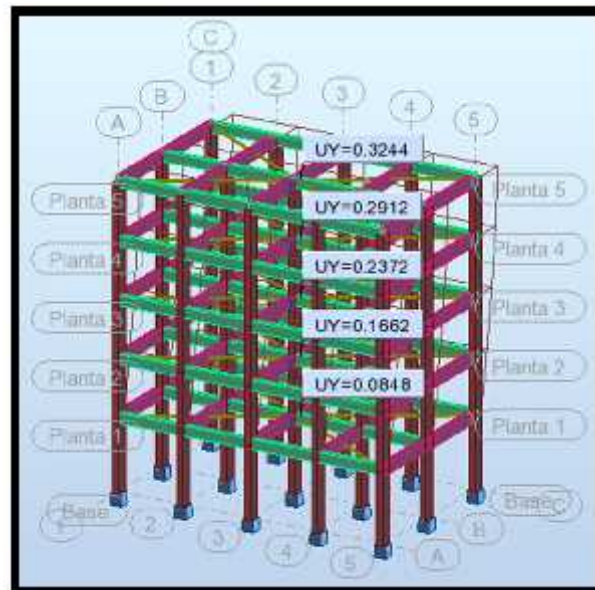
Se calculó los desplazamientos laterales para la segunda iteración en la dirección “X” y en la dirección “Y”, considerando las nuevas secciones asignadas a la estructura entre vigas y columnas mediante el Robot Structural 2017. (Ver Figura 20y Figura 21).

Figura 20: Desplazamientos laterales en la dirección X.



Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

Figura 21: Desplazamientos laterales en la dirección Y.



Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

#### 4.6.5. Verificación de las derivas y desplazamientos laterales de la 2da iteración

Se procedió a verificar las derivas y desplazamientos laterales de acuerdo a la norma E.030, en donde se verifica que los resultados cumplen con los desplazamientos máximos de entrepiso para concreto armado que son menores a 0.007 para ambas direcciones tanto “X” como para la dirección “Y”. (Ver Tabla 20).

Tabla 20: Derivas máximas en la dirección “X” y dirección “Y”

| Nivel | h   | R (X,Y) |    | DESPLAZAMIENTOS |        | DERIVA   |          | 0.75*R*Ui |           | Di/hi     |          | CONTROL XX |        | CONTROL Y |        |
|-------|-----|---------|----|-----------------|--------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|--------|-----------|--------|
|       |     | RX      | RY | UX              | UY     | Deriva X | Deriva Y | 0.75*R*UX | 0.75*R*UY | X         | Y        | XX         | YY     | YY        | YY     |
| 5     | 280 | 8       | 8  | 0.6553          | 0.3244 | 0.0517   | 0.0332   | 0.491475  | 1.9464    | 0.0017553 | 0.006951 | 0.007      | CUMPLE | 0.007     | CUMPLE |
| 4     | 280 | 8       | 8  | 0.6036          | 0.2912 | 0.0939   | 0.054    | 0.4527    | 1.7472    | 0.0016168 | 0.00624  | 0.007      | CUMPLE | 0.007     | CUMPLE |
| 3     | 280 | 8       | 8  | 0.5097          | 0.2372 | 0.1274   | 0.07     | 0.382275  | 1.4232    | 0.0013653 | 0.005083 | 0.007      | CUMPLE | 0.007     | CUMPLE |
| 2     | 280 | 8       | 8  | 0.3823          | 0.1672 | 0.1531   | 0.0824   | 0.286725  | 1.0032    | 0.001024  | 0.003583 | 0.007      | CUMPLE | 0.007     | CUMPLE |
| 1     | 360 | 8       | 8  | 0.2292          | 0.0848 | 0.2292   | 0.0848   | 0.1719    | 0.5088    | 0.0004775 | 0.001413 | 0.007      | CUMPLE | 0.007     | CUMPLE |

Fuente: Propio

En la tabla 20 se puede verificar que el edificio cumplió con los valores mínimos según la normativa peruana de sismorresistencia para el diseño sísmico estático.

#### 4.7. Análisis dinámico modal espectral

Una vez calculado el análisis sísmico estático de la edificación, se procedió a calcular el análisis sísmico dinámico modal espectral, en el cual se realizó la combinación modal espectral con un factor directamente proporcional a la masa de cada nivel.

##### 4.7.1. Aceleración espectral

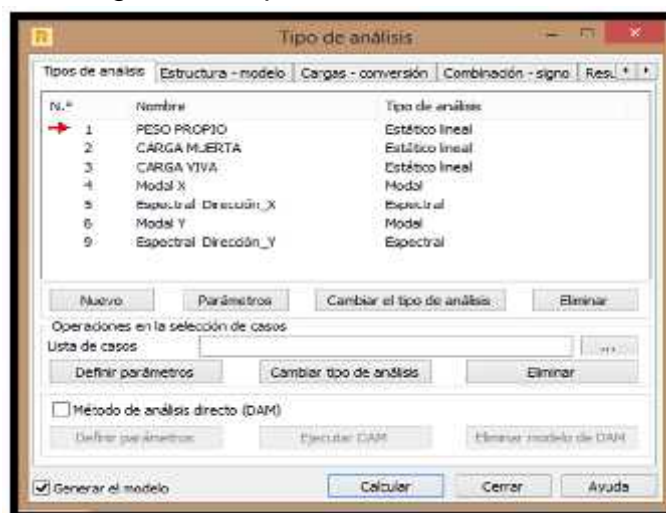
Según la normativa E.030 – 2019, define que en la dirección horizontal X o Y que se analizaron se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones que está definida:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

#### 4.7.2. Tipo de análisis

Se consideró para las combinaciones dinámicas el análisis dinámico modal espectral tal como se describe. (Ver Figura 22).

Figura 22: Tipo de análisis Dinámico.



Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

#### 4.7.3. Determinación del espectro de Pseudo-Aceleraciones

Se determina considerando los factores de la normativa y el espectro de diseño que se muestra a continuación para realizar el **análisis sísmico modal espectral**, para el cual se consideró 20 modos tal como se describe en la tabla (Ver Tabla 21 y Figura 23).

Tabla 21: Espectro de Diseño

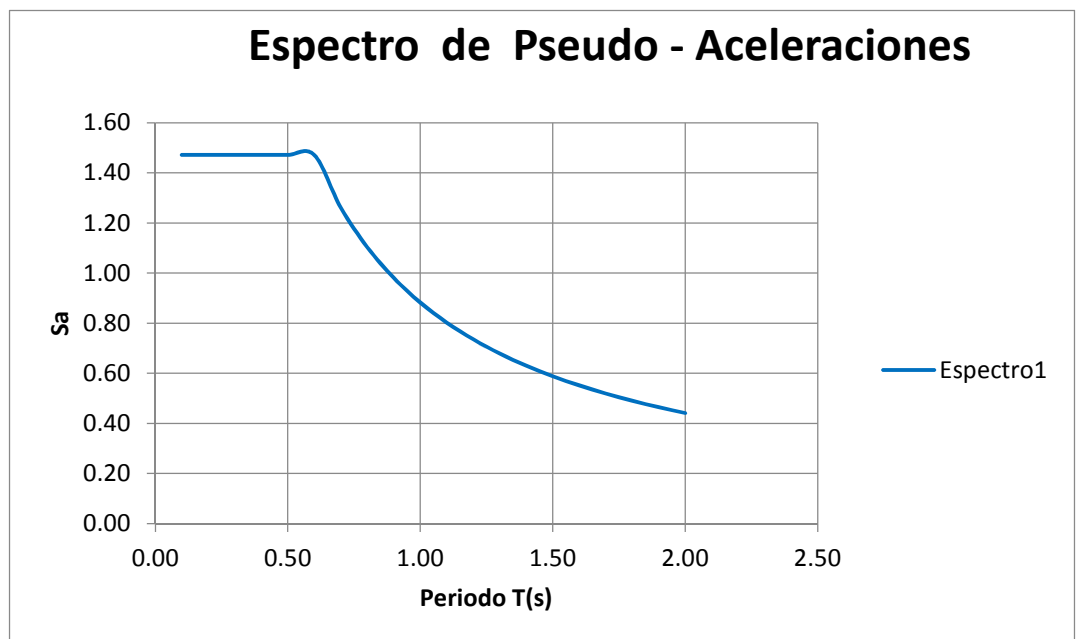
| Factor de Amplificación Sísmica | Periodo | Aceleración Espectral |
|---------------------------------|---------|-----------------------|
| C                               | T       | Sa                    |
| 2.50                            | 0.10    | 1.47                  |
| 2.50                            | 0.20    | 1.47                  |
| 2.50                            | 0.30    | 1.47                  |
| 2.50                            | 0.40    | 1.47                  |
| 2.50                            | 0.50    | 1.47                  |
| 2.50                            | 0.60    | 1.47                  |
| 2.14                            | 0.70    | 1.26                  |
| 1.88                            | 0.80    | 1.10                  |

|      |      |      |
|------|------|------|
| 1.67 | 0.90 | 0.98 |
| 1.50 | 1.00 | 0.88 |
| 1.36 | 1.10 | 0.80 |
| 1.25 | 1.20 | 0.74 |
| 1.15 | 1.30 | 0.68 |
| 1.07 | 1.40 | 0.63 |
| 1.00 | 1.50 | 0.59 |
| 0.94 | 1.60 | 0.55 |
| 0.88 | 1.70 | 0.52 |
| 0.83 | 1.80 | 0.49 |
| 0.79 | 1.90 | 0.46 |
| 0.75 | 2.00 | 0.44 |

Fuente: Propia.

Se realizó la gráfica del espectro de diseño en Excel, para realizar de esta forma los periodos de aceleración para el análisis dinámico modal espectral. (Ver Figura 23).

Figura 23: Espectro de diseño.

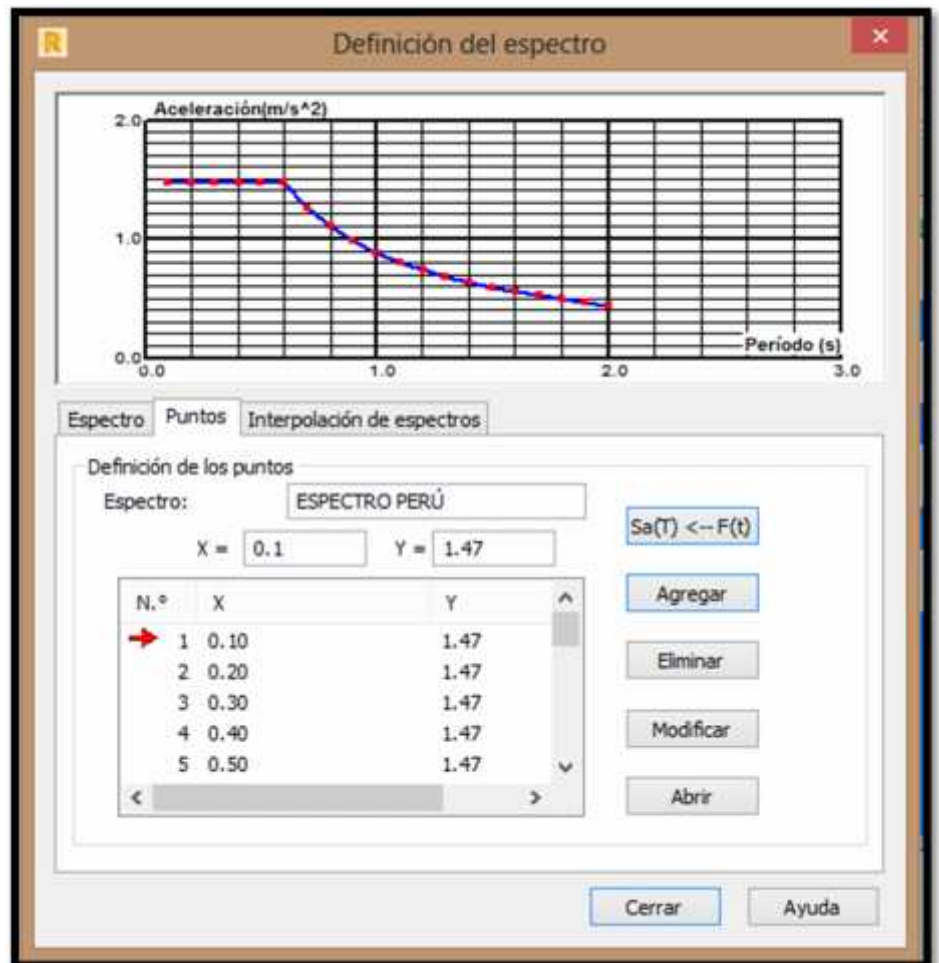


Fuente: Propia.

#### 4.7.4. Espectro de aceleraciones dirección X y Y

Para el cálculo del análisis sísmico dinámico, se insertó al Autodesk Robot Structural Analysis 2017, los datos de la tabla del espectro de diseño para la dirección “X” y dirección “Y” correspondientemente, donde se muestra el espectro de diseño para el software. (Ver Figura 24).

Figura 24: espectro de diseño en robot estructural.



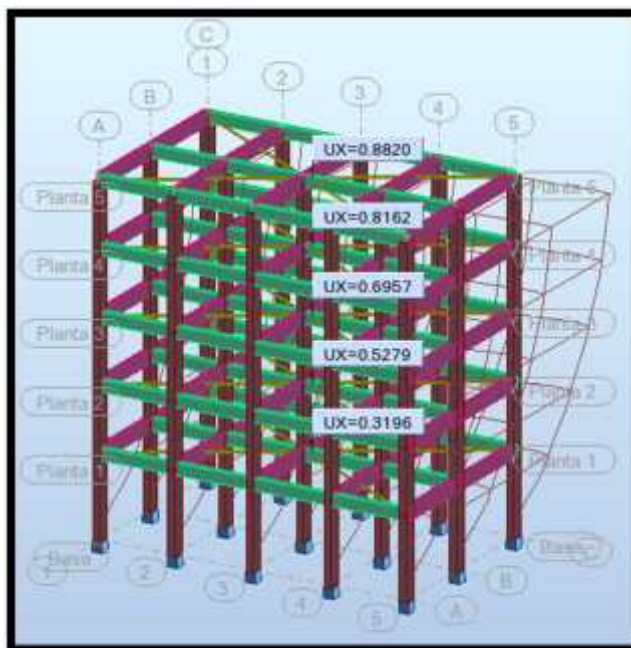
Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

#### 4.7.5. Deformaciones modal espectral en dirección “X”

Se realizó el cálculo de la deformación espectral en la dirección “X” considerando el 100%CM + 25%CV, de acuerdo a lo que recomienda la norma. (Ver Figura 25).



Figura 25: Deformación espectral en dirección X.

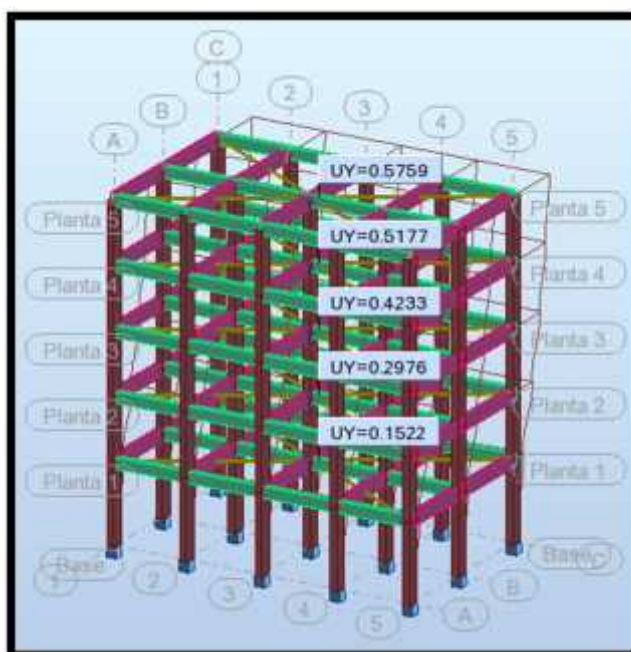


Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

#### 4.7.6. Deformaciones modal espectral en dirección “Y”

También se realizó el cálculo de la deformación espectral en la dirección “Y”. (Ver Figura 26).

Figura 26: Deformación espectral en dirección Y



Fuente: Autodesk Robot Structural 2017.

#### 4.7.7. Verificación de las derivas y desplazamientos laterales

A continuación se muestran los resultados de la verificación de las derivas y desplazamientos laterales en base a la norma en las direcciones “X” y “Y”, respetando el máximo desplazamiento relativo de entrepiso de 0.007 para estructuras de concreto armado. (Ver Tabla 22).

Tabla 22: Derivas máximas en la dirección “X” y dirección “Y”

|       |     | R (X,Y) |    | DESPLAZAMIENTOS |        | DERIVA   |          | 0.75*R*Ui  |            | Di/hi     |          | CONTROL XX |        | CONTROL YY |        |
|-------|-----|---------|----|-----------------|--------|----------|----------|------------|------------|-----------|----------|------------|--------|------------|--------|
| Nivel | h   | RX      | RY | UX              | UY     | Deriva X | Deriva Y | 0.75*RX*UX | 0.75*RY*UY | X         | Y        | XX         | XX     | YY         | YY     |
| 5     | 280 | 8       | 8  | 0.882           | 0.5759 | 0.0658   | 0.0582   | 0.6615     | 0.431925   | 0.0023625 | 0.001543 | 0.007      | CUMPLE | 0.007      | CUMPLE |
| 4     | 280 | 8       | 8  | 0.8162          | 0.5177 | 0.1205   | 0.0944   | 0.61215    | 0.388275   | 0.0021863 | 0.001387 | 0.007      | CUMPLE | 0.007      | CUMPLE |
| 3     | 280 | 8       | 8  | 0.6957          | 0.4233 | 0.1678   | 0.1257   | 0.521775   | 0.317475   | 0.0018635 | 0.001134 | 0.007      | CUMPLE | 0.007      | CUMPLE |
| 2     | 280 | 8       | 8  | 0.5279          | 0.2976 | 0.2083   | 0.1454   | 0.395925   | 0.2232     | 0.001414  | 0.000797 | 0.007      | CUMPLE | 0.007      | CUMPLE |
| 1     | 360 | 8       | 8  | 0.3196          | 0.1522 | 0.3196   | 0.1522   | 0.2397     | 0.11415    | 0.0006658 | 0.000317 | 0.007      | CUMPLE | 0.007      | CUMPLE |

Fuente: Propio.

De acuerdo a la verificación se concluye que el predimensionamiento del edificio cumplió con los valores que determina la norma E.030, para ello se puede dimensionar cada elemento estructural.

## V. DISCUSIÓN

De acuerdo a la **hipótesis general** planteada “El edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, aplicando el método de elementos finitos de robot estructural, cumple con los indicadores según la norma E.030 - 2019 diseño sismorresistente” debido a que se tuvo que realizar una segunda iteración ya que en la dirección del eje “Y” en el análisis sísmico estático no cumplía aun con los valores de la E.030. Pero en la 2da iteración aumentando las secciones de las columnas, el análisis sísmico fue el adecuado puesto que las derivas no excedieron el parámetro máximo permisible para concreto armado que es de 0.007.

Este procedimiento guarda relación con (Chayña, Ritshar 2016), en donde determinó que toda las derivas máximas en los ejes X y Y están dentro del rango permisible según la normativa peruana de sismorresistencia.

Se menciona también, de acuerdo a la hipótesis específica N° 1 “El EMS describe la calidad del suelo y adopta el criterio adecuado para el edificio multifamiliar de cinco niveles – llave”, lo cual fue necesario para optar por la mejor estructuración del edificio.

Este criterio según (Cumpa, Blanca 2019), tiene relación con su estudio debido a que su  $Q_u=0.98 \text{ Kg/Cm}^2$ , por lo que opto por realizar una platea de cimentación.

Según la hipótesis específica N° 2 “El cálculo de diseño sísmico aplicando el método de elementos finitos de Robot Estructural - llave, cumple con los criterios de rigidez determinados por la norma E.030”, este factor fue necesario para el diseño del edificio y así cumplimos con lo que define la normativa.

De acuerdo a nuestra hipótesis específica N° 3 cada elemento estructural que configuran la edificación multifamiliar de cinco niveles - llave cumplió con los valores de sismorresistencia E.060”, se tuvo que basar en las demás normas de concreto armado para garantizar una estructura rígida y sostenible frente a las fuerzas de sismos.

## **VI. CONCLUSIONES**

### **Conclusión del Objetivo General**

Se determinó que el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, aplicando el método de elementos finitos de robot structural, cumplió con los valores de sismorresistencia de acuerdo a la normativa peruana E.030-2019, el cual garantiza la rigidez de la estructura.

### **Conclusión del Objetivo específico N° 1**

Se realizó el EMS el cual determinó la capacidad portante del suelo para el edificio multifamiliar de cinco niveles – llave, con lo que se tomó las decisiones favorables para la edificación.

### **Conclusión del Objetivo específico N° 2**

Se realizó el análisis sísmico del edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, utilizando el método de elementos finitos de Robot estructural según la Norma E.030, con el Autodesk Robot Structural Analysis 2017, que fue gran apoyo para tomar la mejor decisión de predimensionamiento de la edificación.

### **Conclusión del Objetivo específico N° 3**

Se realizó el análisis estructural del edificio multifamiliar a nivel de predimensionamiento utilizando los parámetros del RNE, para lo cual deben ser tomados en cuenta para construir el edificio, de acuerdo a los cálculos que realizó el Autodesk Robot Structural.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se debe de tomar en cuenta el porcentaje de agua que presenta el suelo debido a que las edificaciones vecinas presentan fisuras, debido a que no realizaron y no adoptaron medidas constructivas según a las normas peruanas.

Los elementos estructurales considerados para el predimensionamiento son como tal, el cual no deben ser tomados en cuenta al momento de realizar el diseño final, por lo que inicialmente se debe realizar las verificaciones y obtener los valores según las cargas sobre los elementos que conforman la edificación para luego ser verificadas y garantizar la estructura correcta.

Se recomienda tomar en consideración todos los parámetros que considera y estipula el RNE y principalmente la normativa de sismorresistencia E.030.ya que es para garantizar la estructura y por ende amparar la vida humana.

Se recomienda utilizar materiales y agregados de buena calidad para garantizar la calidad de la edificación y este cumpla con los estándares de calidad.

Asimismo el Robot Structural realiza el análisis sísmico de manera eficaz bajo los estándares nacionales e internacionales; los cuales deben ser tomados en cuenta todos los resultados que nos influyen a tomar mejores decisiones para el diseño de una edificación.

## REFERENCIAS

QUISPE Panca, Alder Jhosué (2015), Análisis matricial de estructuras, Introducción al Método de Elementos Finitos, Editorial MACRO – Primera edición.

Lara Cortés, N. D. J. (2021). Introducción al diseño sísmico de una estructura de concreto reforzado basados en método de desempeño (Bachelor's thesis, Universidad de Cartagena). Recuperado de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/12004/TESIS%20NELSON%20LARA%20CORTES%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Monsalve Acevedo, Y. M., & Carvajal Osorno, F. A. (2021). Comportamiento sísmico de pórticos en concreto reforzado construidos en laderas con diferentes niveles de empotramiento. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10495/20970>

Dueñas Cuamacáz, J. Y. (2017). Análisis estructural sismo resistente de hormigón armado entre sistemas tradicionales de cimentación y aisladores sísmicos en la provincia de Esmeraldas–Tonsupa para el conjunto habitacional Antalya (Bachelor's thesis). Recuperado en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14566/1/UPS%20-%20ST003207.pdf>

Basagiannis, C. (2018). Seismic design and evaluation of moment resisting frames using elastomeric dampers (Doctoral dissertation, University of Oxford). Recuperado en: [https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:213af91f-a699-4a78-ad4d-20a184118804/download\\_file?file\\_format=pdf&safe\\_filename=Thesis\\_Final.pdf&type\\_of\\_work=Thesis](https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:213af91f-a699-4a78-ad4d-20a184118804/download_file?file_format=pdf&safe_filename=Thesis_Final.pdf&type_of_work=Thesis)

Maharjan, M. (2021). Evaluating the effects of seismic loading on concrete reinforced versus precast concrete slab floor systems.

Recuperado de:  
[https://egrove.olemiss.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2922&context=hon\\_thesis](https://egrove.olemiss.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2922&context=hon_thesis)

Godínez, E., España, S., & Camacho, C. (2018). DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS DE MARCOS DE CONCRETO REFORZADO CONSIDERANDO DIFERENTES CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DE LAS RIGIDECES EFECTIVAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 22(4), 393-420. Recuperado de: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/652>

Aguilar Rodríguez, L. D., & Esquivel Segura, M. J. (2021). Diseño sísmico por desempeño de un edificio multifamiliar de siete pisos en la ciudad de Trujillo. Recuperado de: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7672>

Jorquera, N., Ruiz, J., & Torres, C. (2017). Análisis de los criterios de diseño sísmico de la Iglesia de Santo Domingo, Patrimonio Colonial de Santiago, Chile. *Revista de la construcción*, 16(3), 388-402. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.16.3.388>

Moreno González, Rosangel (2006). "Estudio de la Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de los Edificios de la Ciudad de Barcelona". Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Mosqueira Moreno, Miguel Ángel (2013). "Riesgo sísmico en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú". *Revista "Ciencia y Tecnología"*, Escuela de Postgrado – Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Muñoz Peláez, Juan Alejandro (1999). "Ingeniería Antisísmica". Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Palomino Encinas, Alex Henrry (2014). Apuntes de Clase: “Diseño de Edificios de Concreto Armado con ETABS 2013”. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Park Robert, Paulay Thomas y Priestley M. J. Nigel (1992). “Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings”. United State.

Safina Melone, Salvador (2003). Tesis Doctoral: “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico”. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Bernal, I., & Tavera, H. (2002). GEODINAMICA, SISMICIDAD Y ENERGIA SISMICA EN EL PERU. Lima: Instituto Geofisico del Peru.

Blanco Blasco, A. (1994). ESTRUCTURACION Y DISEÑO DE EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO. Lima.

Harmsen, T. E. (2005). DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO. Lima: Pontificia Universidad Catolica del Peru.

Herraiz Sarachaga, M. (1997). CONCEPTOS BASICOS DE SISMOLOGIA PARA INGENIEROS. Lima.

Instituto de la Construcción y Gerencia. (2009). REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES - ESTRUCTURAS. Lima: ICG.

Morales Morales, R. (2006). DISEÑO EN CONCRETO ARMADO. Lima: ICG.

Ortega Garcia, J. H. (2015). DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO Tomo II. Lima: MACRO.



Publicaciones Nueva Generacion Siglo XXI. (2010). CONCRETO ARMADO I - UNI. Lima.

San Bartolome, A. (1998). ANALISIS DE EDIFICIOS. Lima: Pontificia Universidad Catolica del Peru.

SENCICO, & Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). NORMA E.030 DE DISEÑO SISMORRESISTENTE. Lima.

Tavera, H. (1993). LA TIERRA, TECTONICA Y SISMICIDAD. Lima.

ORTIZ Naveda, Estefany Lucia. Diseño estructural sismo-resistente de los edificios de departamentos de hormigón armado "limburgPlatz" de la ciudad de Quito. Tesis (Ingeniero Civil). Quito, 2012. Disponible en:

<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3770/1/Tesis%20Lucia.pdf>

TINIZARAY Castillo, Rolando Alcivar. Análisis y diseño estructural del bloque 2 del "Centro de albergue, formación y capacitación juvenil de la fundación Don Bosco - Loja – Ecuador. Tesis (Ingeniero Civil). Loja, 2012. Disponible en:

<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3794/1/TESIS%20TINIZARAY%20ROLANDO.pdf>

CABRERA Cabrera, Elmer. Diseño Estructural en Concreto Armado de un Edificio de Nueve Pisos en la Ciudad de Piura. Tesis (Ingeniero Civil). Piura, 2012. Disponible en:

[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1359/ICI\\_097.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1359/ICI_097.pdf?sequence=1)

AZA Santillan, Giancarlo Samuel Enrique. Diseño Estructural de un edificio residencial de concreto armado de ocho pisos y semisótano. Tesis (Ingeniero Civil). Lima, 2014. Disponible en: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/discover?filtertype\\_0=subject&filter\\_relational\\_operator\\_0>equals&filter\\_0=Dise%C3%B1o+de+estructuras&filtertype=author&filter\\_relational\\_operator>equals&filter=Aza+Santill%C3%A1n%2C+Giancarlo+Samuel+Enrique](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/discover?filtertype_0=subject&filter_relational_operator_0>equals&filter_0=Dise%C3%B1o+de+estructuras&filtertype=author&filter_relational_operator>equals&filter=Aza+Santill%C3%A1n%2C+Giancarlo+Samuel+Enrique)

RIVADENEYRA Jara, Angel Willams. Diseño Estructural De Concreto Armado Para Un Edificio De Viviendas De Seis Pisos, Ubicado En La Urbanización Santa Victoria Chiclayo. Tesis (Ingeniero Civil). Chiclayo, 2014.

HIEBBELER, Russell. Análisis Estructural. 8Va ed. Pearson Educación de México.S.A. México: 2012.

BAZÀN, Ana. Vivienda Multifamiliar (Definición Y Tipología) [En línea]. 04 de septiembre del 2016 [fecha de consulta: 21 de marzo del 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/AnaELisaS/vivienda-multifamiliar-definicion-y-tipologia>

PIEDRAHITA, Sara. Sistemas Estructurales [En línea]. 15 de agosto del 2013 [fecha de consulta: 21 de marzo del 2017]. Disponible en: [https://prezi.com/\\_e1kxprjvuh4/sistemas-estructurales-aporticado/](https://prezi.com/_e1kxprjvuh4/sistemas-estructurales-aporticado/)

VASQUEZ, Kevin. Muros de Corte o Placas [En línea]. 29 de septiembre del 2012 [fecha de consulta: 22 de marzo del 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/KevinArnoldVasquezBarreto/muros-de-corte-o-placas>

PEREA, Yubely. Sistemas constructivos y estructurales aplicados al desarrollo habitacional. Tesis (Ingeniero Civil). Medellín: Universidad

De Medellín, 2014. Disponible en:  
[http://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/359/Sistemas  
%20constructivos%20y%20estructurales%20aplicados%20al%20de  
sarrollo%20habitacional.pdf?sequence=1](http://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/359/Sistemas%20constructivos%20y%20estructurales%20aplicados%20al%20desarrollo%20habitacional.pdf?sequence=1)

VELASQUEZ Vargas, José Martin. Estimación de pérdidas por sismo en edificios peruanos mediante Curvas de Fragilidad analíticas. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2006. Disponible en:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1  
35/VELASQUEZ\\_JOSE\\_PERDIDAS\\_SISMO\\_CURVAS.pdf?sequen  
ce=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/135/VELASQUEZ_JOSE_PERDIDAS_SISMO_CURVAS.pdf?sequence=1)

Guevara Dongo, I. I., & Vera Calderón, E. A. (2013). Diseño de un edificio de concreto armado de 6 pisos con semisótano para un hotel-restaurant ubicado en el distrito de nuevo Chimbote, provincia santa. Lima.

AURIS ROMERO, Liz Mary “Análisis del desempeño sísmico en estructuras de instituciones educativas del sector de Azapampa, Distrito de Chilca, Huancayo – 2016”, Huancayo, 2016.

AZA SANTILLÁN, Samuel Enrique “Diseño estructural de un edificio residencial de concreto armado de ocho pisos y semisótano”, Lima, 2014. Disponible en  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/538  
8/AZA\\_GIANCARLO\\_DISE%C3%91O\\_ESTRUCTURAL\\_EIDFICIO\\_  
CONCRETO\\_ARMADO\\_OCHO\\_PISOS\\_SEMISOTANO.pdf?sequen  
ce=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5388/AZA_GIANCARLO_DISE%C3%91O_ESTRUCTURAL_EIDFICIO_CONCRETO_ARMADO_OCHO_PISOS_SEMISOTANO.pdf?sequence=1)

BERROCALCANCHARI, “Métodos analíticos y numéricos aplicados al diseño de cimentaciones superficiales considerando su interacción

con el suelo”, Lima, 2013,145.pp. Disponible en [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1395/1/berrocal\\_cj.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1395/1/berrocal_cj.pdf)

Norma técnica de diseño sismorresistente (E-030), 2019.

Norma técnica de cargas (E-020), 2018.

Norma técnica de Concreto Armado (E-060), 2018.

Norma técnica de Albañilería (E-070), 2018.

RONCAL JAICO, Juan Pablo “Diseño estructural de un edificio multifamiliar de concreto armado de siete pisos en el distrito de San Isidro”, lima, 2017, 65.pp.

VELÁSQUEZ, Henry y FONTEN, Luis “Estudio comparativo de un edificio Aporticado del concreto armado utilizando las normas sísmicas de Ecuador y Venezuela” Venezuela, 2015,20,pp. Disponible en <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/Febrero%202018/AAT3161.pdf>

BONETT, Ricardo. Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña, España, 2003.

MELONE, Salvador. Estudio de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de las edificaciones esenciales (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña, España, 2002.

MOSQUEIRA, Miguel. Riesgos sísmicos en las edificaciones en la facultad de ingeniería-universidad nacional de Cajamarca. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Trujillo, Perú. 2012.

SÁNCHEZ, Mayra. Determinar la vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas nivel primario teniendo en cuenta sus características de diseño del distrito morales (tesis pregrado). Universidad César Vallejo, Perú. 2015.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de Operacionalización de variables.

| MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES   |                        |  |  |  |                         |
|---|------------------------|--|--|--|-------------------------|
| TEMA: "DISEÑO SÍSMICO APLICANDO EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS Y ROBOT ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE CINCO NIVELES , ILAVE – 2021"  |                        |  |  |  |                         |
| AUTOR: DUVERLY MARIO ALANOCA MARON  |                        |  |  |  |                         |
| VARIABLE DE ESTUDIO   | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIONES  | INDICADORES  | ESCALA                  |
| VARIABLE INDEPENDIENTE  | Edificio multifamiliar | El edificio multifamiliar es aquella en la que una construcción vertical u horizontal está dividida en varias unidades de viviendas integradas que comparten el terreno como bien común.   | Se busca salvaguardar y garantizar una estructura de ergonomía con parámetros que satisfagan con lo estipulado en las normas peruanas, para garantizar la buena estadía de las personas. | Auto Cad 2014  | Planos arquitectónicos. |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
| VARIABLE DEPENDIENTE  | Factor suelo           | Suelo es el sustrato físico sobre el que se realizan las obras, del que importan las propiedades físico-químicas, especialmente las propiedades mecánicas. Sólidos, que constituyen el esqueleto de la composición del suelo.                                | Autodesk Robot Structural 2017   | Resultados.  | NOMINAL                 |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
| VARIABLE DEPENDIENTE  | Análisis sísmico       | El método sísmico consiste en reducir las fuerzas dinámicas que actúan en las estructuras durante un sismo a cargas estáticas horizontales y en diseñar dichas estructuras para resistir estas cargas.   | Estudio de mecánica de suelos  | capacidad portante del suelo según la E.050 Suelos y Cimentaciones   | INTERVALO               |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
| VARIABLE DEPENDIENTE  | Diseño estructural     | Este es una de las ramas en el que se considera la Ingeniería Civil y se desarrolla iniciando del potencial que los materiales ofrecen así como sus propias características que los hacen específicos, su costo bajo y sus propiedades mecánicas que poseen. | Diseño de los elementos estructurales  | Modos de vibración.<br>Aceleración Espectral $S_a=((Z^*U^*S)/R)^*g$<br>Desplazamientos laterales relativos.<br>Irregularidad torsional | INTERVALO               |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
|   |                        |  |  |  |                         |
| TÉCNICA: Procedimos utilizar esta Técnica de observación directa: para la presente investigación se observará los planos de Arquitectura, para obtener datos para el proyecto, también se tomará datos del EMS, RNE y posterior cálculo sísmico según la Norma E.030. |                        |  |  |  |                         |

Anexo N° 2: Matriz de consistencia.

| MATRIZ DE CONSISTENCIA  |   |  |                        |   |  |  |
|---|---|--|------------------------|---|--|--|
| TEMA: "DISEÑO SÍSMICO APLICANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DE ROBOT STRUCTURAL DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE CINCO NIVELES , ILLAVE – 2021"   |   |  |                        |   |  |  |
| AUTOR: DUVERLY MARIO ALANOCA MARON  |   |  |                        |   |  |  |
| PROBLEMA  | OBJETIVOS   | HIPÓTESIS  | VARIABLES              | DIMENSIONES   | INDICADORES  | INSTRUMENTOS   |
| PROBLEMA GENERAL  | OBJETIVO GENERAL  | HIPÓTESIS GENERAL  | VARIABLE INDEPENDIENTE |   |  |  |
| ¿Cumple el edificio multifamiliar de cinco niveles -llave, aplicando el método de elementos finitos de robot structural, con los indicadores de diseño sísmico de acuerdo a la norma E.30 - 2019?                       | Determinar si el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, aplicando el método de elementos finitos de robot structural, cumple o no con los indicadores de diseño sísmico de acuerdo a la norma E.030-2019. | El edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, aplicando el método de elementos finitos de robot structural, cumple con los indicadores según la norma E.030-2019 diseño sismorresistente . | Edificio multifamiliar | Auto Cad 2014<br><br>Autodesk Robot Structural 2017 | Planos arquitectónicos<br><br>Planos estructurales<br><br>Resultados   | Auto Cad 2014<br><br>Auto Cad 2014<br><br>Autodesk Robot Structural 2017   |
| PROBLEMAS ESPECÍFICOS   | OBJETIVOS ESPECÍFICOS   | HIPÓTESIS ESPECÍFICAS  | VARIABLES DEPENDIENTES |   |  |  |
| 1. ¿Cuál es la capacidad portante del suelo considerado para el edificio multifamiliar de cinco niveles -llave, para el diseño sísmico?   | 1. Realizar el EMS para determinar la capacidad portante del suelo para el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave.   | 1.El EMS describe la calidad del suelo y adopta el criterio adecuado para el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave.  | Factor suelo           | Estudio de mecánica de suelos                       | capacidad portante del suelo según la E. 050Suelos y Cimentaciones   | Ensayo Triaxial  |
| 2. ¿Cumple el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, con los indicadores de diseño sísmico según la Norma E.030 - 2019 de sismorresistencia?  | 2.Analizar sísmicamente el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, utilizando el método de elementos finitos de Robot estructural según la Norma E.030   | 2. El cálculo de diseño sísmico aplicando el método de elementos finitos de Robot Estructural - llave, cumple con los criterios de rigidez establecidos por la norma E.030.                      | Análisis sísmico       | Análisis dinámico modal espectral                   | Modos de vibración.<br>Aceleración Espectral<br>$S_a=(Z*U^*C^*S)/R)*g$<br>Desplazamientos laterales relativos. Irregularidad torsional | Norma E.030 - 2019.<br>Autodesk Robot Structural Analysis 2017.            |
| 3. ¿Cuál es el análisis estructural predimensionado de la estructura del edificio multifamiliar de cinco niveles - llave, a nivel de cargas muertas y cargas vivas, para el diseño sísmico según la Norma E. 030 y RNE? | 3. Realizar el análisis estructural del edificio multifamiliar a nivel de predimensionamiento utilizando los parámetros del RNE.  | 3.Los elementos estructurales que conforman el edificio multifamiliar de cinco niveles - llave cumple con los indicadores de diseño de la norma E.060.   | Diseño estructural     | Diseño de los elementos estructurales               | Diseño por flexion.<br>Acero máximo y mínimo. Diseño por cortante. Diseño por flexocompresion. Estimacion de peso (100%CM+25%CV)       | Norma E.060.<br>Norma E.060.<br>E.060. Norma E.060.<br>Norma E.030, E.060. |

Anexo N° 3: Estudio de Mecánica de Suelos.



**GRUPO MOLINA SAC**

**GEOLOGIA Y GEOTECNIA**  
**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
*Av. Aba N° 2147, Pisco + Huancayo - Lima*  
**RPO: 986742770 - 975356000 - 56835875**  
**Email: grupo@molinasac.com**

| <b>ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</b><br><b>(NORMA ASTM D-228, AASHTO T-263, NTP 339.123-2018, MTG E 108 - 2016)</b> |                 |  |          |          |                    |          |          |
|--|-----------------|--|----------|----------|--------------------|----------|----------|
| <b>TESTER</b>  |                 | Quiero indicar aplicando el método de elementos finitos de la estructura de un edificio multifamiliar de cinco niveles, Data: 2021 |          |          |                    |          |          |
| <b>TESTISTA</b>  |                 | Bach. Dorely Mario Alarcos Macen   |          |          |                    |          |          |
| <b>MUESTREO</b>  |                 | Bach. Dorely Mario Alarcos Macen   |          |          |                    |          |          |
| <b>UBICACION</b>   |                 | Barrio El Gallo - Pisco  |          |          | <b>REALIZADO</b>   |          |          |
| <b>SOLICITANTE</b>   |                 | Bach. Dorely Mario Alarcos Macen   |          |          | <b>RESPONSABLE</b> |          |          |
| <b>CAJICATA</b>  |                 | C 01, E 33   |          |          | <b>FECHA</b>       |          |          |
|  |                 |  |          |          | Mayo, 2021         |          |          |
| <b>Observaciones:</b>  |                 | Calcular   |          | C - 1    | Calcular           |          | C - 1    |
|  |                 | Extremo  |          | E - 2    | Extremo            |          | E - 3    |
|  |                 | Muestra  |          | M - 1    | Muestra            |          | M - 2    |
|  |                 | Potencia   |          | 0.50     | in                 | Potencia |          |
| <b>Tara Número</b>   | <b>Unidades</b> | <b>1</b>   | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>1</b>           | <b>2</b> | <b>3</b> |
| Peso Tara + Muestra Húmeda   | G               | 115.60   | 89.80    | 95.20    | 81.80              | 93.60    | 133.90   |
| Peso Tara + Muestra Seca   | G               | 96.20  | 73.90    | 79.90    | 68.20              | 78.20    | 95.80    |
| Peso de la Tara  | G               | 44.70  | 33.80    | 37.50    | 34.20              | 35.00    | 28.30    |
| Peso de la Muestra Seca  | G               | 51.90  | 42.10    | 42.00    | 44.30              | 50.20    | 67.50    |
| Peso del Agua  | G               | 19.40  | 15.90    | 15.70    | 12.80              | 15.40    | 21.10    |
| Contenido de Humedad   | %               | 37.67  | 37.77    | 37.38    | 28.02              | 30.68    | 31.28    |
| <b>Promedio</b>  |                 | 37.61  |          |          | 30.32              |          |          |





**Mauricio Peraza Molina**  
**ING° CIVIL**  
**CP: 106873**







**GEOLOGIA Y GEOTECNIA**  
**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
 Av. Abta Abasco 2147, Dpto. A Huancayo - Peru  
 RUC: 206142270 - 970228432 - 954325879  
 Email: grupo@molina.sac 2019@grupo11.com

### ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO

(NORMA ASTM D-854, AASHTO T-99, NTP 359.139-2006, MTN 12-117-2003)

|                             |   |        |        |             |                      |        |        |
|-----------------------------|---|--------|--------|-------------|----------------------|--------|--------|
| TEST                        | Quinto sustrato aplicado al método de elevación directa de la muestra estructural de las alfileras modulares de concreto, Peru - 2021 |        |        |             |                      |        |        |
| TESTISTA                    | Bach. Dorely María Alejandra Marín  |        |        |             |                      |        |        |
| MUESTRO                     | Bach. Dorely María Alejandra Marín  |        |        |             |                      |        |        |
| UBICACIÓN                   | Bach. El Collar, Peru   |        |        | REALIZADO   | Personal Laboratorio |        |        |
| SOLICITANTE                 | Bach. Dorely María Alejandra Marín  |        |        | RESPONSABLE | Ing. M.F.M           |        |        |
| ALICATA                     | C-01, E-33  |        |        | FECHA       | Mayo, 2021           |        |        |
| Observaciones:              | Calicata  | C-1    |        | Calicata    | C-1                  |        |        |
|                             | Estado  | E-2    |        | Estado      | E-1                  |        |        |
|                             | Muestra   | M-1    |        | Muestra     | M-2                  |        |        |
|                             | Potencia  | 0.50 m |        | Potencia    | 1.50 m               |        |        |
|                             |   |        |        |             |                      |        |        |
| Tam. Número                 | Unidades  | 1      | 2      | 3           | 1                    | 2      | 3      |
| Peso del Suelo Seco         | Gg  | 114.20 | 129.30 | 121.20      | 129.70               | 113.80 | 102.70 |
| Peso Frasco Vacío           | Gg  | 164.00 | 164.00 | 164.00      | 164.00               | 164.00 | 164.00 |
| Peso Frasco + Agua          | Gg  | 660.00 | 660.00 | 660.00      | 660.00               | 660.00 | 660.00 |
| Peso Frasco + Agua + Sólido | Gg  | 732.00 | 742.00 | 736.00      | 748.00               | 732.00 | 734.00 |
| Volumen de Sólidos          | cm <sup>3</sup>   | 42.26  | 47.91  | 45.20       | 51.76                | 41.80  | 38.70  |
| Peso Específico de Sólidos  | Gg / cm <sup>3</sup>  | 2.71   | 2.73   | 2.68        | 2.70                 | 2.72   | 2.65   |
| Promedios                   |   | 2.71   |        |             | 2.69                 |        |        |

  
 Mauricio Benito Marín  
 INGENIERO CIVIL  
 DNI: 705872





**GEOLOGIA Y GEOTECNIA**  
**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
*Av. Alcañal N° 2141 Pisco - Iquitos - Perú*  
 HPC: 980742278 - 970320402 - 950305579  
 Email: grupo@ingeotec.com, sac@ingeotec.com

### ENSAYO DE CONSTANTES FÍSICAS

LL: ASTM D-438, AASHTO T-99, MTC E-110 - 2016, NTP 39.128 - 2016  
 LP: ASTM D-438, AASHTO T-90, MTC E-111 - 2016, NTP 39.129 - 2016

|             |   |             |                    |
|-------------|---|-------------|--------------------|
| TESTES      | Diseno simple aplicando el método de elementos finitos de Robot estructural de un edificio multifamiliar de cinco niveles, Iquitos - 2021 |             |                    |
| TESTISTA    | Ing. Davidy Mario Alarcos Marín   |             |                    |
| MUESTREO    | Ing. Davidy Mario Alarcos Marín   |             |                    |
| UBICACION   | Iquitos - El Collao - Perú  | REALIZADO   | Perú - Laboratorio |
| SOLICITANTE | Ing. Davidy Mario Alarcos Marín   | RESPONSABLE | Ing. M.P.M         |
| CALCATA     | C-01, E-2   | FECHA       | Mayo, 2021         |

| Tara Número                | Unidades | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |       | Límites de Consistencia                      |
|----------------------------|----------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|--|
|                            |          | 1              | 2     | 3     | 1               | 2     | 3     |  |
| Peso Tara + Muestra Húmeda | Gr.      | 44.00          | 40.00 | 43.60 | 47.20           | 54.80 | 40.20 | Límite Líquido: LL = 63.89%                  |
| Peso Tara + Muestra Seca   | Gr.      | 38.50          | 34.50 | 36.00 | 46.50           | 53.70 | 39.40 | Límite Plástico: LP = 39.38%                 |
| Peso de la Tara            | Gr.      | 28.60          | 26.50 | 28.20 | 44.60           | 51.80 | 57.60 | Índice de Plasticidad: IP = 24.50%           |
| Peso de la Muestra Seca    | Gr.      | 11.90          | 8.00  | 7.80  | 1.90            | 1.90  | 1.80  | Contenido de Humedad W <sub>u</sub> = 52.61% |
| Peso del Agua              | Gr.      | 5.50           | 5.50  | 7.60  | 0.70            | 0.70  | 0.80  | Grado de Consistencia: K <sub>u</sub> = 1.07 |
| Contenido de Humedad       | %        | 46.22          | 68.75 | 97.44 | 36.84           | 36.84 | 44.44 | Grado de Consistencia: Media Directa, Sólida |
| Número de Golpes           |          | 33             | 22    | 16    | Proctor         | 39.38 |       |  |



**DAVIDY MARIO ALARCOS MARÍN**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 105873

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 INGENIERÍA DE SUELOS Y GEOTECNIA



**GEOLOGIA Y GEOTECNIA**  
**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
*Av. Altiplano N° 2147 Pisos 4 Novena - Lima*  
 RUC: 980742270 - 970326402 - 958305879  
 Email: grupomolina.sac@outlook.com

### ENSAYO DE CONSTANTES FÍSICAS

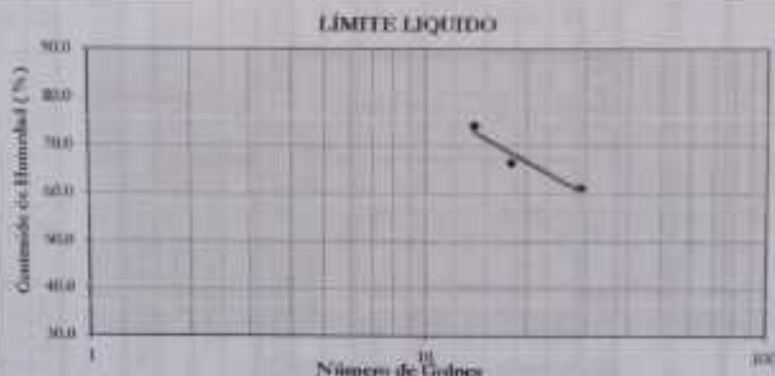
LL: ASTM D-498, AASHTO T-99, MTC E-110 - 2016, NTP 100.129 - 2018

LP: ASTM D-498, AASHTO T-99, MTC E-111 - 2016, NTP 100.129 - 2018

|             |  |  |             |
|-------------|--|--|-------------|
| TESTES      | Diseno unico aplicando el método de elementos finitos de Robot estructural de un edificio multi etajes de cinco niveles, Ilove - 2021. |  |             |
| TESTISTA    | Bach. Duverdy Mario Alarcos Maron  |  |             |
| MUESTREO    | Bach. Duverdy Mario Alarcos Maron  |  |             |
| UBICACION   | Dist. El Callao - Puro   |  | REALIZADO   |
| SOLICITANTE | Bach. Duverdy Mario Alarcos Maron  |  | RESPONSABLE |
| CALICATA    | C-01, E-3  |  | FECHA       |
|             |  |  | Mayo, 2021  |

| Tara Número                | Unidades | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |       | Límites de Consistencia                       |
|----------------------------|----------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|---|
|                            |          | 1              | 2     | 3     | 1               | 2     | 3     |   |
| Peso Tara + Muestra Húmeda | Gr       | 53.70          | 59.50 | 47.10 | 26.90           | 30.30 | 31.10 | Límite Líquido: LL = 62.83%                   |
| Peso Tara + Muestra Seca   | Gr       | 46.50          | 53.40 | 40.00 | 26.20           | 29.70 | 30.50 | Límite Plástico: LP = 31.16%                  |
| Peso de la Tara            | Gr       | 54.70          | 24.20 | 30.40 | 24.10           | 27.80 | 28.40 | Índice de Plasticidad: IP = 31.69%            |
| Peso de la Muestra Seca    | Gr       | 11.80          | 9.20  | 9.60  | 2.10            | 1.90  | 2.10  | Contenido de Humedad: W <sub>u</sub> = 30.32% |
| Peso del Agua              | Gr       | 7.20           | 6.10  | 7.10  | 0.50            | 0.60  | 0.60  | Grado de Consistencia: G <sub>u</sub> = 1.03  |
| Contenido de Humedad       | %        | 61.02          | 66.30 | 73.96 | 53.53           | 51.58 | 58.57 | Grado de Consistencia: Media Dura, Solida     |
| Número de Golpes           |          | 29             | 18    | 14    | Promedio        | 31.16 |       |   |

|                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| Calicata         | C-01                     |
| Entrato          | E-3                      |
| Muestra          | M-2                      |
| Potencia         | 1.50                     |
| Número de Golpes | Contenido de Humedad (%) |
| 29               | 61.02                    |
| 18               | 66.30                    |
| 14               | 73.96                    |
| 25               | 62.814                   |



Mauricio Porras Molina  
 INGE. CIVIL  
 CIP. 105873



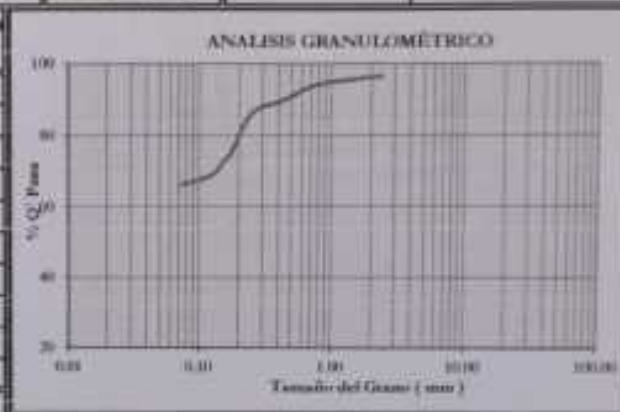


**GEOLÓGIA Y GEOTECNIA**  
**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
*Av. Altiplano 17 2147, Distrito de Huancayo - Perú*  
 RUC: 986742270 - 976326402 - 956305879  
 Email: [grupo@ingeoma.sac2018@gmail.com](mailto:grupo@ingeoma.sac2018@gmail.com)

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
 (NORMA ASTM D-422, AASHTO T 85, MTC E-807 - 2016, NTP 39.128 - 2018)

|                                 |  |                 |                |       |       |      |        |
|---------------------------------|--|-----------------|----------------|-------|-------|------|--------|
| TEXIS                           | Cuerpo técnico aplicando el método de elementos finitos de Robot estructural de un edificio multifamiliar de casas modales, Huancayo - 2021. |                 |                |       |       |      |        |
| TESISTA                         | Bach. Dorethy María Alarcosa Marín   |                 |                |       |       |      |        |
| MUESTREO                        | Bach. Dorethy María Alarcosa Marín   |                 |                |       |       |      |        |
| UBICACION                       | Huancayo - El Collao - Puno  | REALIZADO       | P. Laboratorio |       |       |      |        |
| SOLICITANTE                     | Bach. Dorethy María Alarcosa Marín   | RESPONSABLE     | Ing. M.P.M     |       |       |      |        |
| CALICATA                        | C-01, E-2  | FECHA           | Mayo, 2021     |       |       |      |        |
| MUESTRA                         | M-01   |                 |                |       |       |      |        |
| Peso Inicial de la Muestra Seca | 230.00 Gr  | Ubicación       | C-01           | D60 = | 11.98 | Cu = | 25.489 |
| Peso de la Muestra Lavada       | 223.75 Gr  | Gravato         | E-2            | D30 = | 2.40  | Ce = | 1.023  |
| Pérdida por Lavado              | 6.25 Gr  | Muestra         | M-1            | D10 = | 0.47  |      |        |
| Volúmenes                       | 2.72 %   | Deshecho Humano | Porcentaje     | 0.50  |       |      |        |

| Tamiz          | Abertura<br>(mm) | Retenido<br>(gr.) | % Q' Pasó<br>(%) |
|----------------|------------------|-------------------|------------------|
| 8              | 2.500            | 3.76              | 3.37             |
| 20             | 0.850            | 5.08              | 2.21             |
| 30             | 0.590            | 4.79              | 2.08             |
| 40             | 0.420            | 6.58              | 2.86             |
| 60             | 0.250            | 3.09              | 3.08             |
| 80             | 0.177            | 25.01             | 10.87            |
| 100            | 0.149            | 7.38              | 3.21             |
| 120            | 0.125            | 7.91              | 3.44             |
| 200            | 0.075            | 5.80              | 2.52             |
| Cazoleta       |                  | 152.60            | 66.35            |
| Total Retenido |                  | 230.00            | 100.00           |



Ing. Dorethy María Alarcosa Marín  
 INGP - INGENIERO CIVIL  
 CIP: 105873



DOI: 10.1002/for

FFSOS — [Public access granted] I will be in contact with the relevant bodies to make sure that the information is up to date. New — 2014

195046a. Park, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico

|   |  |
|---|--|
| doi:10.1002/1522-2675(200103)23:3<161::AID-HLCA161>3.0.CO;2-1 | Book, <i>Chemistry of the Elements</i> , Springer-Verlag, Berlin |
|---|--|

|                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| 1. BILAL HUSSEIN | Page: 170   Date: / / |
|------------------|-----------------------|

1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 26

1990年12月1日

|                            |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| <p><b>BIOALEXANDRO</b></p> | <p><b>Domenico Calabrese</b></p> |
|----------------------------|----------------------------------|

DOI: 10.1002/for

**RECEIVED** May 2012

NO. 11, 1005, 11th AVE. S. E. IN THE CITY OF SEATTLE, WA.

1. *Chlorophyll a*

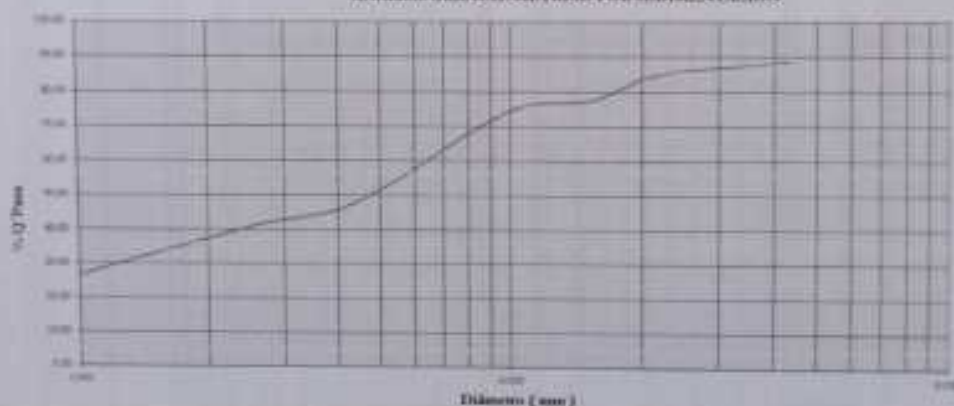
|        |    |     |
|--------|----|-----|
| Myosin | 10 | 100 |
|--------|----|-----|

### References

| Operativa Nº                    | Mediana | 1     | 2     | 3     | Percentil 50 <sup>o</sup>       | Percentil 75 <sup>o</sup> | 1     | 2     | 3     |
|---------------------------------|---------|-------|-------|-------|---------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|
| Voluntarios Individuales        | 1.2m    | 12.00 | 12.50 | 12.50 | Donaciones                      | 1.2m                      | 12.00 | 12.50 | 12.50 |
| Voluntarios Familia             | 1.2m    | 15.00 | 15.00 | 15.00 | Voluntarios                     | 1.2m                      | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Voluntarios del Buzón           | 1.2m    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | Nada                            | 1.2m                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Presencia                       | 1.2m    |       | 0.00  |       | Presencia                       | 1.2m                      |       | 0.00  |       |
| Presencia del Voluntario (1.2m) | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | Presencia del Voluntario (1.2m) | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| L1                              | 1.100   | 8.00  | 8.00  | 8.00  | Presencia del Voluntario (1.2m) | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| L2                              | 1.100   | 15.00 | 15.00 | 15.00 | Presencia del Voluntario (1.2m) | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| L3                              | 1.100   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | Presencia del Voluntario (1.2m) | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Presencia del Voluntario (1.2m) | 0.00    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | Presencia del Voluntario (1.2m) | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  |

| Tieba     |                | Flow   | Young's Modulus | Temperature<br>°C | Conversion per<br>Temperature | Decomposed<br>h | Temperature of Hardening |                            | L                          | B       | Massive | 5.72 Pcs |
|-----------|----------------|--------|-----------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------|---------|----------|
|           |                |        |                 |                   |                               |                 | Primary Exotherm         | 1 <sup>st</sup> Conversion | 2 <sup>nd</sup> Conversion |         |         |          |
| 10-100-10 | 1.000 mm x 4.0 | 1.50   | 95              | -1.10             | 0.01367                       | 27.981          | 41.80                    | 52.00                      | 14.86                      | 0.01121 | 0.443   | 80.421   |
|           |                | 2.00   | 98              | -0.90             | 0.01111                       | 47.580          | 41.10                    | 48.00                      | 14.60                      | 0.00801 | 0.112   | 84.876   |
|           |                | 3.00   | 103             | -0.70             | 0.01003                       | 42.081          | 39.30                    | 44.00                      | 15.20                      | 0.00707 | 0.066   | 77.302   |
|           |                | 4.00   | 108             | -0.50             | 0.00900                       | 41.041          | 39.30                    | 41.00                      | 15.30                      | 0.00600 | 0.013   | 73.400   |
|           |                | 10.00  | 119             | -0.30             | 0.00700                       | 37.004          | 33.70                    | 38.00                      | 16.40                      | 0.00570 | 0.008   | 68.365   |
|           |                | 50.00  | 20              | 0.001             | 0.00000                       | 51.000          | 38.00                    | 51.00                      | 17.10                      | 0.00000 | 0.000   | 57.140   |
|           |                | 60.00  | 21              | 0.20              | 0.00001                       | 56.000          | 35.20                    | 57.00                      | 18.44                      | 0.00002 | 0.004   | 60.687   |
|           |                | 120.00 | 25              | 0.40              | 0.00004                       | 54.001          | 21.40                    | 55.00                      | 19.40                      | 0.00004 | 0.005   | 63.174   |
|           |                | 240.00 | 23              | 0.70              | 0.00006                       | 51.001          | 18.70                    | 52.00                      | 19.50                      | 0.00006 | 0.002   | 56.838   |
|           |                | 480.00 | 24              | 1.00              | 0.00004                       | 49.000          | 16.00                    | 50.00                      | 19.00                      | 0.00007 | 0.001   | 53.330   |
|           |                | 960.00 | 22              | 1.20              | 0.00003                       | 46.000          | 13.80                    | 49.00                      | 18.00                      | 0.00005 | 0.000   | 50.000   |

## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO



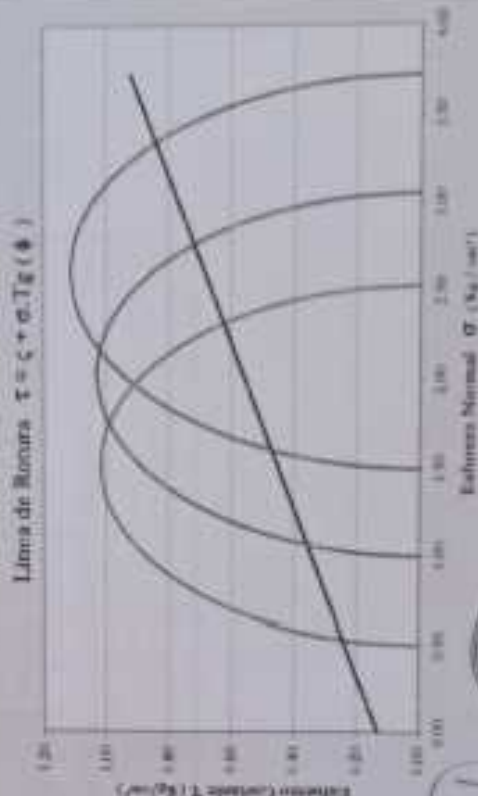
Mauro Pires Lima  
INGENHEIRO CIVIL  
CRM 108673







## CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

[illegible]





| RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO |         |                    |                                      |                                   |   |                       |                    |                                 |  |             |       |       |                        |                        |                  |
|--|---------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------|--------------------|---------------------------------|--|-------------|-------|-------|------------------------|------------------------|------------------|
| Categoría                                    | Estrato | Profundidad<br>(m) | Límite líquido<br>w <sub>L</sub> (%) | Plasticidad<br>w <sub>p</sub> (%) | Peso específico<br>γ <sub>s</sub> (gr/cm <sup>3</sup> ) | Embrudo (transversal) |                    | Índice de Plasticidad<br>PI (%) | Grado de Compactación<br>K <sub>co</sub> | Tratamiento |       |       | Clasificación de Suelo |                        |                  |
|  |         |                    |                                      |                                   |   | Líquido<br>(L, %)     | Plástico<br>(P, %) |                                 |  | Nº de       | Nº de | Nº de | SLC                    | Número del<br>Sociedad |                  |
| C-III  | E-1     | 1.20               | 3.83                                 | 2.71                              | 13.98   | 24.50                 | 1.07               | 94.81                           | 97.57                                    | 93.02       | 3     | 18.03 | MEH                    | Los Angeles            | U. de Chile      |
|  |         | 1.70               | 3.732                                | 2.408                             | 12.81   | 31.16                 | 1.03               | 99.48                           | 99.49                                    | 90.77       | 3     | 7.33  | 20.03                  | CFH                    | Medio Incompleto |

| Datos de Carga                   |         | Datos de Suelo                    |         |
|----------------------------------|---------|-----------------------------------|---------|
| $N_q =$                          | 2.97    | $\phi =$                          | 32.00   |
| $N_c =$                          | 8.28    | $C =$                             | 0.13    |
| $N_{\phi} =$                     | 0.60    | $FS =$                            | 3.00    |
| Capacidad de Carga última en Ate |         | Diferentes Filamentos Estabilidad |         |
| Conectores Corrosivos            |         | Zapatas Corrosivos                |         |
| $F.S.$                           | 3.00    | $F.S.$                            | 3.00    |
| $H$                              | $q$     | $q$                               | $q$     |
| $10.1$                           | $25.67$ | $25.67$                           | $25.67$ |
| $0.46$                           | $25.67$ | $25.67$                           | $25.67$ |
| $0.011$                          | $25.67$ | $25.67$                           | $25.67$ |
| $0.001$                          | $25.67$ | $25.67$                           | $25.67$ |
| $1.00$                           | $25.67$ | $25.67$                           | $25.67$ |
| $1.20$                           | $25.67$ | $25.67$                           | $25.67$ |
| $q$                              | $q$     | $q$                               | $q$     |
| $0.77$                           | $0.77$  | $0.77$                            | $0.77$  |

Para valores de seguridad y para el diseño de la cimentación se recomienda. Usar el valor de  $0.85 K_{sp}/\text{cm}^2$  como capacidad portante del terreno.

# Anexo 4: Predimensionamiento de los elementos estructurales con el Autodesk Robot Structural Analysis 2017:

## Predimensionamiento de la Viga en dirección X.

### 1 Nivel:

- Nombre : ---
- Cota de nivel : ---
- Resistencia al fuego : 0 (h)

### 2 Viga: Viga162...165

Número: 1

#### 2.1 Característica de los materiales:

- Hormigón: :  $f_c = 211.08$  (kgf/cm<sup>2</sup>)
- Densidad : 5.31 (kip/m<sup>3</sup>)
- Armaduras longitudinales : Grade 60  $f_y = 4218.42$  (kgf/cm<sup>2</sup>)
- Armaduras transversales : Grade 60  $f_y = 4218.42$  (kgf/cm<sup>2</sup>)
- Armadura adicional: : Grade 60  $f_y = 4218.42$  (kgf/cm<sup>2</sup>)

#### 2.2 Geometría:

|       |                      |  |                           |             |                 |
|-------|----------------------|--|---------------------------|-------------|-----------------|
| 2.2.1 | Tramo                | Posición   | Ap. Izq.<br>(m)           | L<br>(m)    | Ap. Der.<br>(m) |
|       | <b>P1</b>            | <b>Tramo</b>   | <b>0.30</b>               | <b>3.05</b> | <b>0.30</b>     |
|       | Longitud de cálculo: |  | L <sub>0</sub> = 3.35 (m) |             |                 |
|       | Sección              | de 0.00 a 3.05 (m)<br>25.00 x 50.00 (cm)<br>Sin losa izquierda<br>Sin losa izquierda |                           |             |                 |
| 2.2.2 | Tramo                | Posición   | Ap. Izq.<br>(m)           | L<br>(m)    | Ap. Der.<br>(m) |
|       | <b>P2</b>            | <b>Tramo</b>   | <b>0.30</b>               | <b>3.18</b> | <b>0.30</b>     |
|       | Longitud de cálculo: |  | L <sub>0</sub> = 3.48 (m) |             |                 |
|       | Sección              | de 0.00 a 3.18 (m)<br>25.00 x 50.00 (cm)<br>Sin losa izquierda<br>Sin losa izquierda |                           |             |                 |
| 2.2.3 | Tramo                | Posición   | Ap. Izq.<br>(m)           | L<br>(m)    | Ap. Der.<br>(m) |
|       | <b>P3</b>            | <b>Tramo</b>   | <b>0.30</b>               | <b>3.18</b> | <b>0.30</b>     |
|       | Longitud de cálculo: |  | L <sub>0</sub> = 3.48 (m) |             |                 |
|       | Sección              | de 0.00 a 3.18 (m)<br>25.00 x 50.00 (cm)<br>Sin losa izquierda<br>Sin losa izquierda |                           |             |                 |
| 2.2.4 | Tramo                | Posición   | Ap. Izq.<br>(m)           | L<br>(m)    | Ap. Der.<br>(m) |
|       | <b>P4</b>            | <b>Tramo</b>   | <b>0.30</b>               | <b>3.05</b> | <b>0.30</b>     |
|       | Longitud de cálculo: |  | L <sub>0</sub> = 3.35 (m) |             |                 |
|       | Sección              | de 0.00 a 3.05 (m)   |                           |             |                 |

25.00 x 50.00 (cm)  
Sin losa izquierda  
Sin losa izquierda

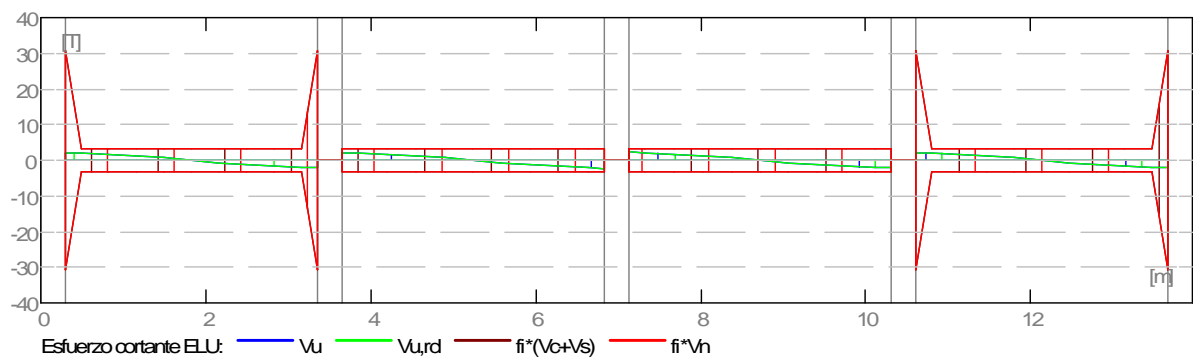
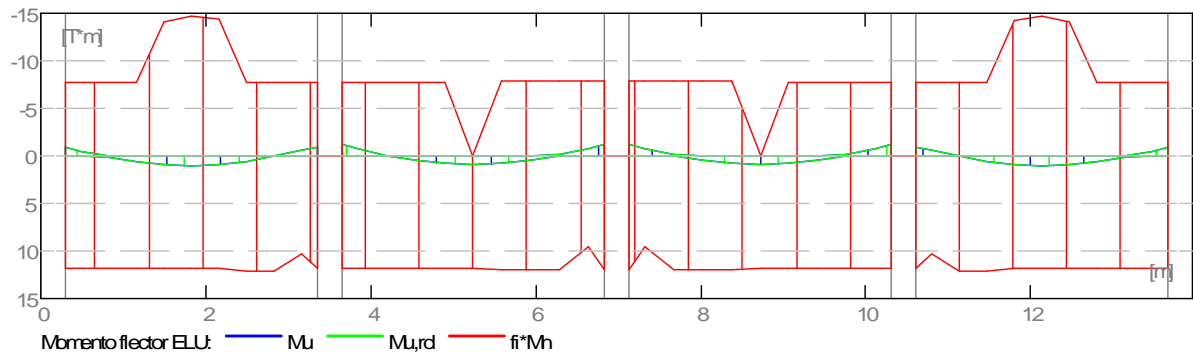
## 2.3 Opciones de cálculo:

- Regulación de la combinación : ACI318\_2011
- Cálculos según la norma : ACI 318-11
- Viga prefabricada : no
- Tomando en cuenta la fuerza axial : no
- Considerando la reducción del esfuerzo cortante en la zona de apoyo : no
- Categoría de dimensionamiento sísmico : SDC A
- Recubrimiento de la armadura : Armaduras inferiores  $c = 3.81$  (cm)  
: lateral  $c1 = 3.81$  (cm)  
: superficial  $c2 = 3.81$  (cm)

## 2.4 Resultados de los cálculos:

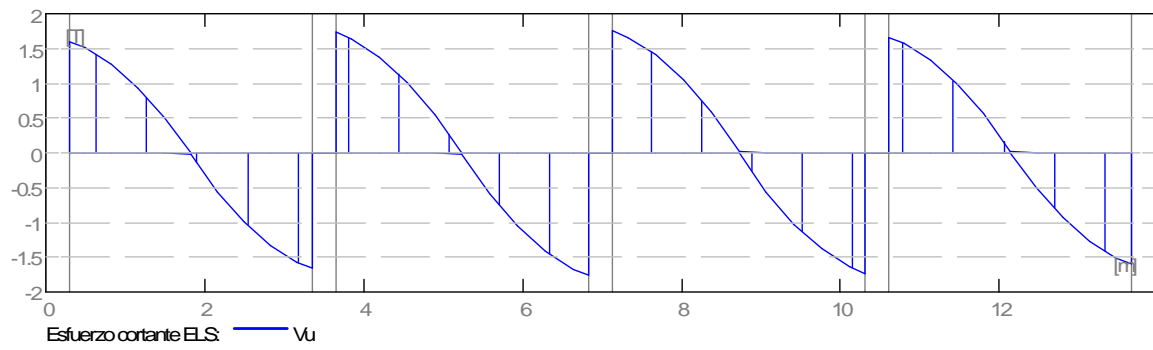
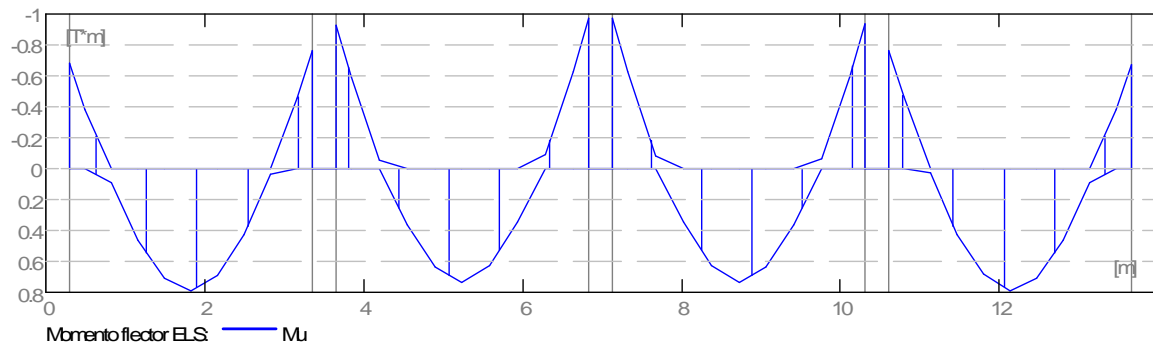
### 2.4.1 Solicitaciones ELU

| Tramo | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) | Mu,iz<br>(T*m) | Mu,d<br>(T*m) | Vu,iz<br>(T) | Vu,d<br>(T) |
|-------|------------------|------------------|----------------|---------------|--------------|-------------|
| P1    | 1.00             | -0.00            | -0.87          | -0.97         | 2.03         | -2.10       |
| P2    | 0.94             | -0.00            | -1.18          | -1.24         | 2.19         | -2.23       |
| P3    | 0.94             | -0.00            | -1.23          | -1.19         | 2.23         | -2.20       |
| P4    | 1.00             | -0.00            | -0.97          | -0.86         | 2.10         | -2.03       |



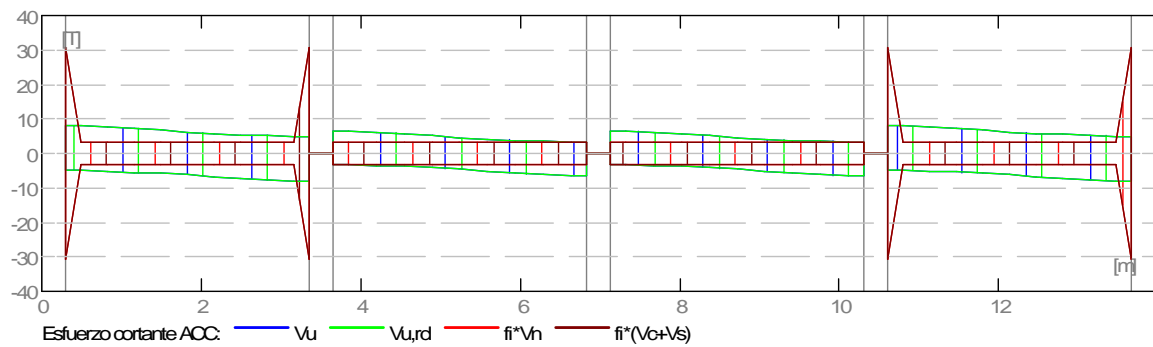
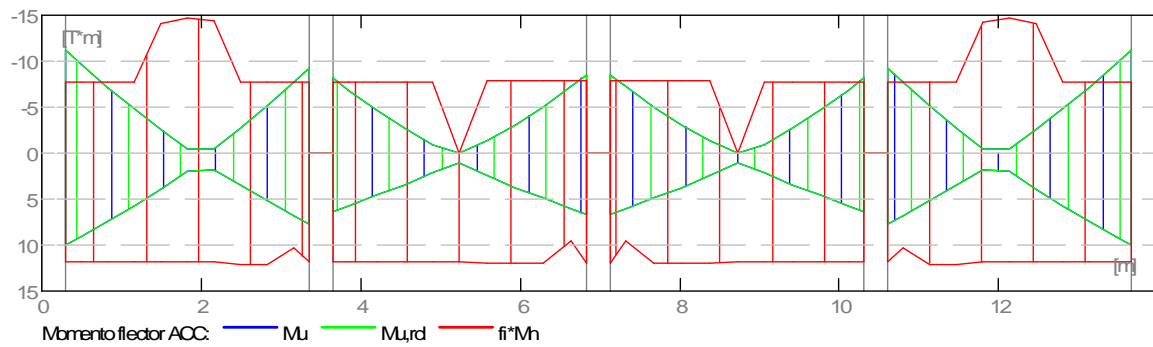
### 2.4.2 Solicitaciones ELS

| Tramo | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) | Mu,iz<br>(T*m) | Mu,d<br>(T*m) | Vu,iz<br>(T) | Vu,d<br>(T) |
|-------|------------------|------------------|----------------|---------------|--------------|-------------|
| P1    | 0.79             | 0.00             | -0.68          | -0.76         | 1.60         | -1.66       |
| P2    | 0.74             | 0.00             | -0.93          | -0.97         | 1.73         | -1.76       |
| P3    | 0.74             | 0.00             | -0.97          | -0.93         | 1.76         | -1.73       |
| P4    | 0.79             | 0.00             | -0.77          | -0.68         | 1.66         | -1.60       |



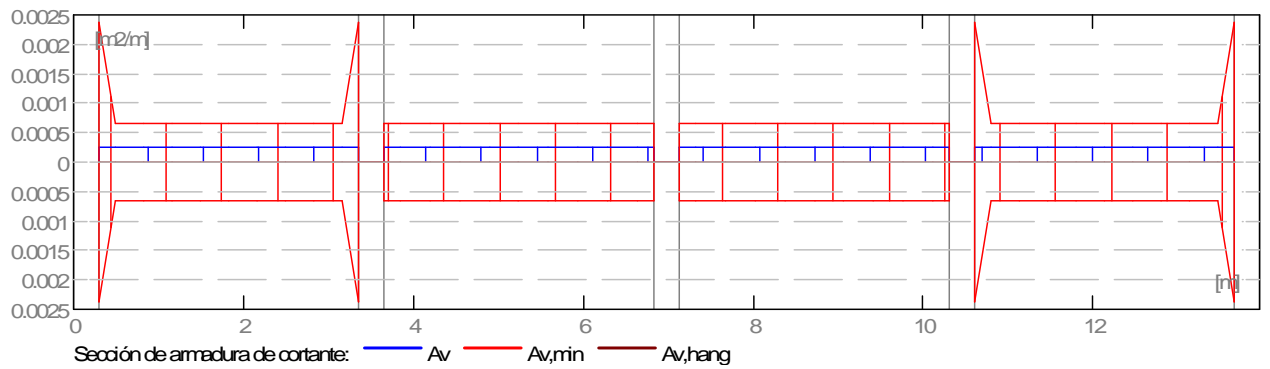
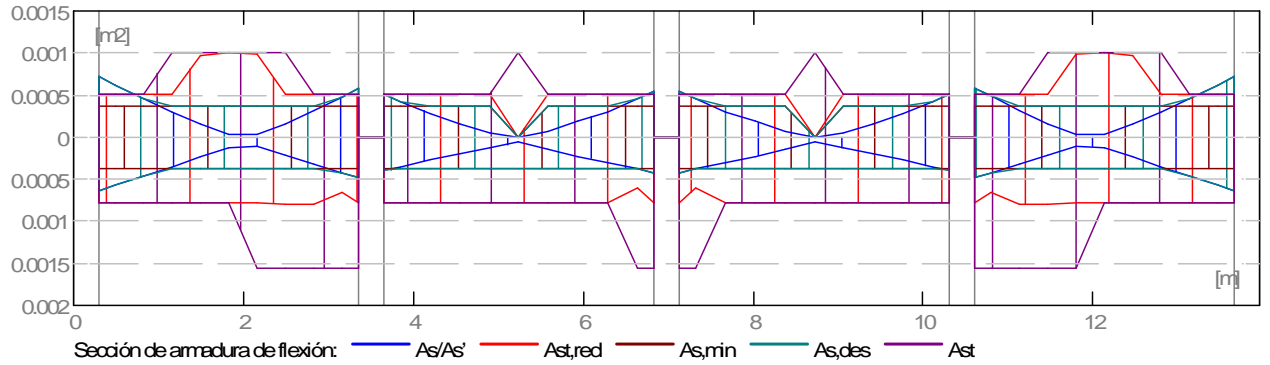
### 2.4.3 Solicitaciones ELU - combinaciones rara

| Tramo | $M_u, \text{máx.}$<br>(T*m) | $M_u, \text{mín.}$<br>(T*m) | $M_u, \text{iz}$<br>(T*m) | $M_u, \text{d}$<br>(T*m) | $V_u, \text{iz}$<br>(T) | $V_u, \text{d}$<br>(T) |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| P1    | 9.95                        | -4.85                       | -11.24                    | -9.19                    | 8.02                    | -8.08                  |
| P2    | 6.71                        | -3.09                       | -8.18                     | -8.56                    | 6.58                    | -6.62                  |
| P3    | 6.71                        | -3.09                       | -8.55                     | -8.19                    | 6.61                    | -6.59                  |
| P4    | 9.96                        | -4.85                       | -9.19                     | -11.24                   | 8.08                    | -8.01                  |



### 2.4.4 Sección Teórica de Acero

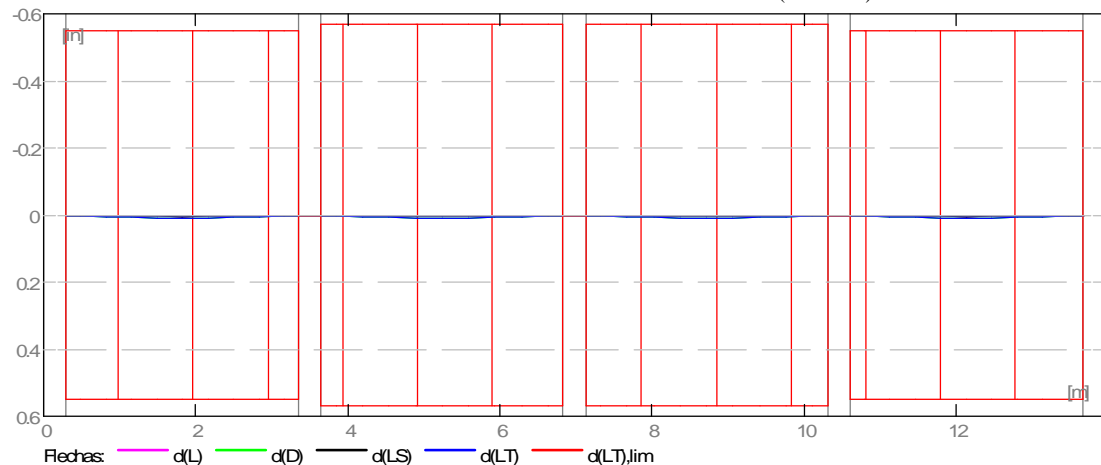
| Tramo | Tramo (m2) |      | Apoyo izquierdo (m2) |      | Apoyo derecho (m2) |      |
|-------|------------|------|----------------------|------|--------------------|------|
|       | inf.       | sup. | inf.                 | sup. | inf.               | sup. |
| P1    | 0.00       | 0.00 | 0.00                 | 0.00 | 0.00               | 0.00 |
| P2    | 0.00       | 0.00 | 0.00                 | 0.00 | 0.00               | 0.00 |
| P3    | 0.00       | 0.00 | 0.00                 | 0.00 | 0.00               | 0.00 |
| P4    | 0.00       | 0.00 | 0.00                 | 0.00 | 0.00               | 0.00 |



### 2.4.5 Flechas

- d(L) - Flecha inicial debida a las cargas vivas
- d(D) - Flecha inicial debida a las cargas muertas
- d(LS) - Flecha inicial debida a las cargas vivas de larga duración
- d(LT) - flecha inicial total de larga duración
- d(LT),lim - flecha admisible

| Tramo | d(LS)<br>(in) | d(L)<br>(in) | d(D)<br>(in) | d(LT)<br>(in)        | d(LT),lim<br>(in) |
|-------|---------------|--------------|--------------|----------------------|-------------------|
| P1    | 0.0041        | 0.0041       | 0.0092       | $0.0092=(L_0/14295)$ | 0.5495            |
| P2    | 0.0035        | 0.0035       | 0.0100       | $0.0100=(L_0/13667)$ | 0.5709            |
| P3    | 0.0035        | 0.0035       | 0.0100       | $0.0100=(L_0/13706)$ | 0.5709            |
| P4    | 0.0041        | 0.0041       | 0.0092       | $0.0092=(L_0/14313)$ | 0.5495            |



## 2.5 Resultados teóricos - detalles:

### 2.5.1 P1 : Tramo de 0.30 a 3.35 (m)

| Abscisa<br>(m) | ELU              |                  | ELS              |                  | As/As',inf.<br>(m2) | As,sup.<br>(m2) |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------|
|                | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) |                     |                 |
| 0.30           | 0.00             | -0.87            | 0.00             | -0.68            | 0.00                | 0.00            |
| 0.49           | 0.00             | -0.49            | 0.00             | -0.38            | 0.00                | 0.00            |
| 0.82           | 0.11             | -0.00            | 0.09             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 1.16           | 0.58             | -0.00            | 0.46             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 1.49           | 0.90             | -0.00            | 0.71             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 1.83           | 1.00             | -0.00            | 0.79             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 2.16           | 0.88             | -0.00            | 0.69             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 2.50           | 0.54             | -0.00            | 0.43             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 2.83           | 0.04             | -0.00            | 0.03             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 3.17           | 0.00             | -0.58            | 0.00             | -0.46            | 0.00                | 0.00            |
| 3.35           | 0.00             | -0.97            | 0.00             | -0.76            | 0.00                | 0.00            |

| Abscisa<br>(m) | ELU            | ELS            |
|----------------|----------------|----------------|
|                | Vu,máx.<br>(T) | Vu,máx.<br>(T) |
| 0.30           | 2.03           | 1.60           |
| 0.49           | 1.93           | 1.52           |
| 0.82           | 1.63           | 1.28           |
| 1.16           | 1.20           | 0.94           |
| 1.49           | 0.64           | 0.50           |
| 1.83           | -0.04          | -0.03          |
| 2.16           | -0.71          | -0.56          |
| 2.50           | -1.26          | -0.99          |
| 2.83           | -1.69          | -1.33          |
| 3.17           | -2.00          | -1.57          |
| 3.35           | -2.10          | -1.66          |

### 2.5.2 P2 : Tramo de 3.65 a 6.83 (m)

| Abscisa<br>(m) | ELU              |                  | ELS              |                  | As/As',inf.<br>(m2) | As,sup.<br>(m2) |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------|
|                | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) |                     |                 |
| 3.65           | 0.00             | -1.18            | 0.00             | -0.93            | 0.00                | 0.00            |
| 3.85           | 0.00             | -0.75            | 0.00             | -0.59            | 0.00                | 0.00            |
| 4.20           | 0.00             | -0.07            | 0.00             | -0.06            | 0.00                | 0.00            |
| 4.54           | 0.46             | -0.00            | 0.36             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 4.89           | 0.81             | -0.00            | 0.64             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 5.24           | 0.94             | -0.00            | 0.74             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 5.59           | 0.80             | -0.00            | 0.63             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 5.94           | 0.44             | -0.00            | 0.34             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 6.28           | 0.00             | -0.11            | 0.00             | -0.09            | 0.00                | 0.00            |
| 6.63           | 0.00             | -0.80            | 0.00             | -0.63            | 0.00                | 0.00            |
| 6.83           | 0.00             | -1.24            | 0.00             | -0.97            | 0.00                | 0.00            |

| Abscisa<br>(m) | ELU            | ELS            |
|----------------|----------------|----------------|
|                | Vu,máx.<br>(T) | Vu,máx.<br>(T) |
| 3.65           | 2.19           | 1.73           |
| 3.85           | 2.08           | 1.64           |
| 4.20           | 1.76           | 1.38           |
| 4.54           | 1.30           | 1.02           |
| 4.89           | 0.71           | 0.55           |
| 5.24           | -0.02          | -0.01          |
| 5.59           | -0.74          | -0.58          |
| 5.94           | -1.33          | -1.05          |
| 6.28           | -1.79          | -1.41          |
| 6.63           | -2.12          | -1.67          |
| 6.83           | -2.23          | -1.76          |

### 2.5.3 P3 : Tramo de 7.13 a 10.31 (m)

| Abscisa<br>(m) | ELU              |                  | ELS              |                  | As/As',inf.<br>(m2) | As,sup.<br>(m2) |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------|
|                | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) |                     |                 |
| 7.13           | 0.00             | -1.23            | 0.00             | -0.97            | 0.00                | 0.00            |

|       |      |       |      |       |      |      |
|-------|------|-------|------|-------|------|------|
| 7.33  | 0.00 | -0.79 | 0.00 | -0.62 | 0.00 | 0.00 |
| 7.68  | 0.00 | -0.11 | 0.00 | -0.09 | 0.00 | 0.00 |
| 8.02  | 0.44 | -0.00 | 0.34 | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
| 8.37  | 0.80 | -0.00 | 0.63 | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
| 8.72  | 0.94 | -0.00 | 0.74 | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
| 9.07  | 0.81 | -0.00 | 0.64 | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
| 9.42  | 0.46 | -0.00 | 0.36 | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
| 9.76  | 0.00 | -0.08 | 0.00 | -0.06 | 0.00 | 0.00 |
| 10.11 | 0.00 | -0.75 | 0.00 | -0.59 | 0.00 | 0.00 |
| 10.31 | 0.00 | -1.19 | 0.00 | -0.93 | 0.00 | 0.00 |

| Abscisa<br>(m) | ELU            | ELS            |
|----------------|----------------|----------------|
|                | Vu,máx.<br>(T) | Vu,máx.<br>(T) |
| 7.13           | 2.23           | 1.76           |
| 7.33           | 2.12           | 1.67           |
| 7.68           | 1.79           | 1.41           |
| 8.02           | 1.33           | 1.04           |
| 8.37           | 0.74           | 0.58           |
| 8.72           | 0.02           | 0.01           |
| 9.07           | -0.71          | -0.56          |
| 9.42           | -1.30          | -1.02          |
| 9.76           | -1.76          | -1.38          |
| 10.11          | -2.09          | -1.64          |
| 10.31          | -2.20          | -1.73          |

#### 2.5.4 P4 : Tramo de 10.61 a 13.66 (m)

| Abscisa<br>(m) | ELU              |                  | ELS              |                  | As/As',inf.<br>(m2) | As,sup.<br>(m2) |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------|
|                | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) |                     |                 |
| 10.61          | 0.00             | -0.97            | 0.00             | -0.77            | 0.00                | 0.00            |
| 10.80          | 0.00             | -0.58            | 0.00             | -0.46            | 0.00                | 0.00            |
| 11.13          | 0.04             | -0.00            | 0.03             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 11.47          | 0.54             | -0.00            | 0.42             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 11.80          | 0.87             | -0.00            | 0.69             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 12.14          | 1.00             | -0.00            | 0.79             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 12.47          | 0.90             | -0.00            | 0.71             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 12.81          | 0.59             | -0.00            | 0.46             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 13.14          | 0.11             | -0.00            | 0.09             | 0.00             | 0.00                | 0.00            |
| 13.48          | 0.00             | -0.49            | 0.00             | -0.38            | 0.00                | 0.00            |
| 13.66          | 0.00             | -0.86            | 0.00             | -0.68            | 0.00                | 0.00            |

| Abscisa<br>(m) | ELU            | ELS            |
|----------------|----------------|----------------|
|                | Vu,máx.<br>(T) | Vu,máx.<br>(T) |
| 10.61          | 2.10           | 1.66           |
| 10.80          | 2.00           | 1.58           |
| 11.13          | 1.69           | 1.33           |
| 11.47          | 1.27           | 0.99           |
| 11.80          | 0.71           | 0.56           |
| 12.14          | 0.04           | 0.03           |
| 12.47          | -0.64          | -0.50          |
| 12.81          | -1.19          | -0.94          |
| 13.14          | -1.62          | -1.27          |
| 13.48          | -1.93          | -1.52          |
| 13.66          | -2.03          | -1.60          |

## 2.6 Armadura:

### 2.6.1 P1 : Tramo de 0.30 a 3.35 (m)

#### Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 60)  
2 #7 l = 3.63 de 0.04 a 3.37
- tramo (Grade 60)  
2 #4 l = 2.97 de 0.05 a 2.69  
2 #4 l = 2.91 de 0.10 a 2.69

#### Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 60)

estribos      16 #3      l = 1.34  
 $e = 1*0.04 + 1*0.06 + 13*0.22 + 1*0.06 \text{ (m)}$

## 2.6.2 P2 : Tramo de 3.65 a 6.83 (m)

### Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 60)  
 2 #7      l = 5.46      de 2.13      a 7.59
- tramo (Grade 60)  
 4 #4      l = 4.55      de 0.98      a 5.53  
 4 #4      l = 4.06      de 4.95      a 9.01

### Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 60)  
 estribos      15 #3      l = 1.34  
 $e = 1*0.05 + 14*0.22 \text{ (m)}$

## 2.6.3 P3 : Tramo de 7.13 a 10.31 (m)

### Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 60)  
 2 #7      l = 5.46      de 6.37      a 11.83
- tramo (Grade 60)  
 4 #4      l = 4.55      de 8.43      a 12.98

### Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 60)  
 estribos      15 #3      l = 1.34  
 $e = 1*0.05 + 14*0.22 \text{ (m)}$

## 2.6.4 P4 : Tramo de 10.61 a 13.66 (m)

### Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 60)  
 2 #7      l = 3.63      de 10.59      a 13.92
- tramo (Grade 60)  
 2 #4      l = 2.97      de 11.28      a 13.92  
 2 #4      l = 2.91      de 11.28      a 13.87

### Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 60)  
 estribos      16 #3      l = 1.34  
 $e = 1*0.04 + 1*0.06 + 13*0.22 + 1*0.06 \text{ (m)}$

## 3 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón      = 1.75 (m3)
- Superficie de encofrado      = 17.33 (m2)
- Acero Grade 60
  - Peso total      = 0.51 (kip)
  - Densidad      = 0.29 (kip/m3)
  - Diámetro medio = 0.5 (in)
  - Lista según diámetros:

| Diámetro<br>(in) | Longitud<br>(m) | Peso<br>(kip) | Número<br>(piezas) | Peso total<br>(kip) |
|------------------|-----------------|---------------|--------------------|---------------------|
| #3               | 1.34            | 0.00          | 62                 | 0.10                |
| #4               | 2.91            | 0.01          | 4                  | 0.03                |
| #4               | 2.97            | 0.01          | 4                  | 0.03                |
| #4               | 4.06            | 0.01          | 4                  | 0.04                |
| #4               | 4.55            | 0.01          | 8                  | 0.08                |
| #7               | 3.63            | 0.02          | 4                  | 0.10                |
| #7               | 5.46            | 0.04          | 4                  | 0.15                |



## Predimensionamiento de la Viga en dirección Y.

### 1 Nivel:

- Nombre :
- Cota de nivel : ---
- Resistencia al fuego : 0 (h)

### 2 Viga: Viga312...270

Número: 1

#### 2.1 Característica de los materiales:

- Hormigón: :  $f_c' = 211.08$  (kgf/cm<sup>2</sup>)  
Densidad : 5.31 (kip/m<sup>3</sup>)
- Armaduras longitudinales : Grade 60  $f_y = 4218.42$  (kgf/cm<sup>2</sup>)
- Armaduras transversales : Grade 60  $f_y = 4218.42$  (kgf/cm<sup>2</sup>)
- Armadura adicional: : Grade 60  $f_y = 4218.42$  (kgf/cm<sup>2</sup>)

#### 2.2 Geometría:

|       |                      |              |                    |             |                 |
|-------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|-----------------|
| 2.2.1 | Tramo                | Posición     | Ap. Izq.<br>(m)    | L<br>(m)    | Ap. Der.<br>(m) |
|       | <b>P1</b>            | <b>Tramo</b> | <b>0.60</b>        | <b>3.80</b> | <b>0.60</b>     |
|       | Longitud de cálculo: |              | $L_o = 4.40$ (m)   |             |                 |
|       | Sección              |              | de 0.00 a 3.80 (m) |             |                 |
|       |                      |              | 30.00 x 55.00 (cm) |             |                 |
|       |                      |              | Sin losa izquierda |             |                 |
|       |                      |              | Sin losa izquierda |             |                 |
| 2.2.2 | Tramo                | Posición     | Ap. Izq.<br>(m)    | L<br>(m)    | Ap. Der.<br>(m) |
|       | <b>P2</b>            | <b>Tramo</b> | <b>0.60</b>        | <b>3.30</b> | <b>0.60</b>     |
|       | Longitud de cálculo: |              | $L_o = 3.90$ (m)   |             |                 |
|       | Sección              |              | de 0.00 a 3.30 (m) |             |                 |
|       |                      |              | 30.00 x 55.00 (cm) |             |                 |
|       |                      |              | Sin losa izquierda |             |                 |
|       |                      |              | Sin losa izquierda |             |                 |

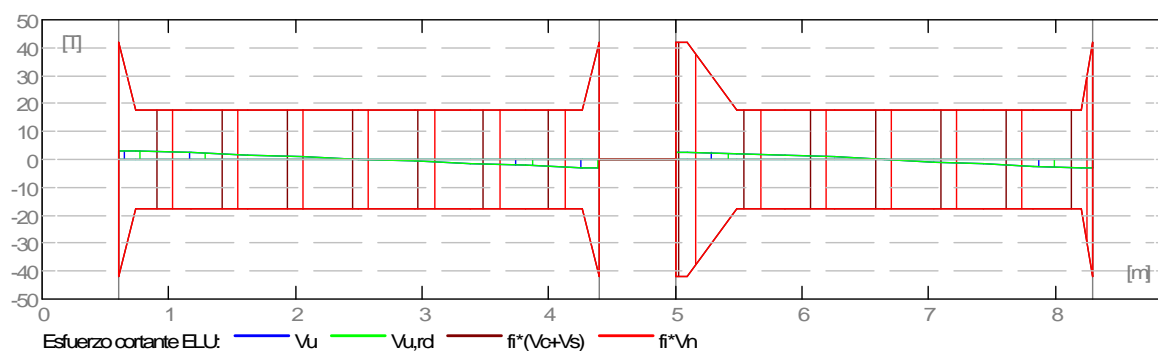
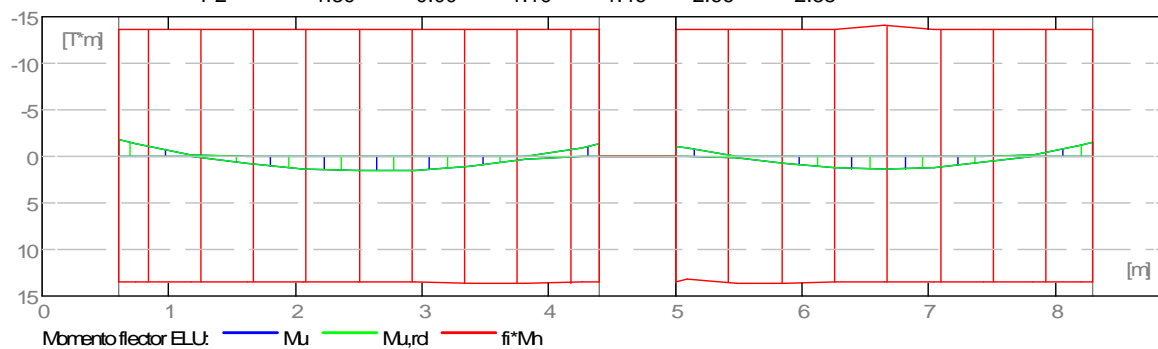
#### 2.3 Opciones de cálculo:

- Regulación de la combinación : ACI318\_2011
- Cálculos según la norma : ACI 318-11
- Viga prefabricada : no
- Tomando en cuenta la fuerza axial : no
- Considerando la reducción del esfuerzo cortante en la zona de apoyo : no
- Categoría de dimensionamiento sísmico : SDC A
- Recubrimiento de la armadura : Armaduras inferiores  $c = 3.81$  (cm)  
: lateral  $c_1 = 3.81$  (cm)  
: superficial  $c_2 = 3.81$  (cm)

#### 2.4 Resultados de los cálculos:

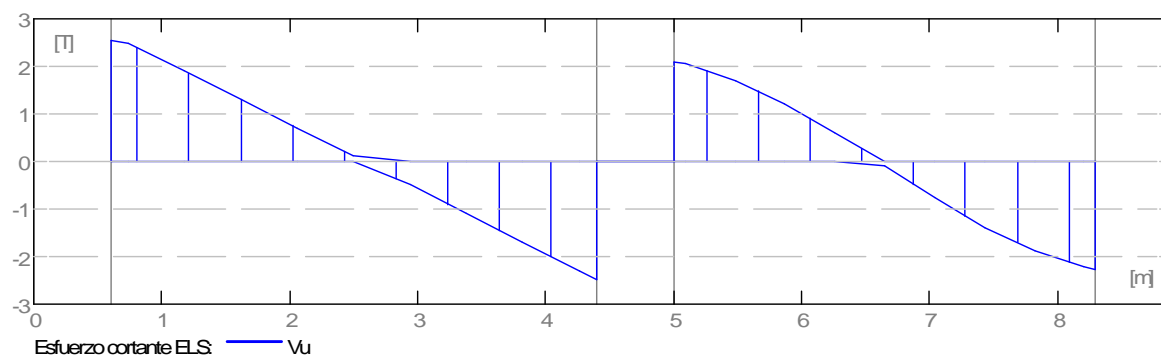
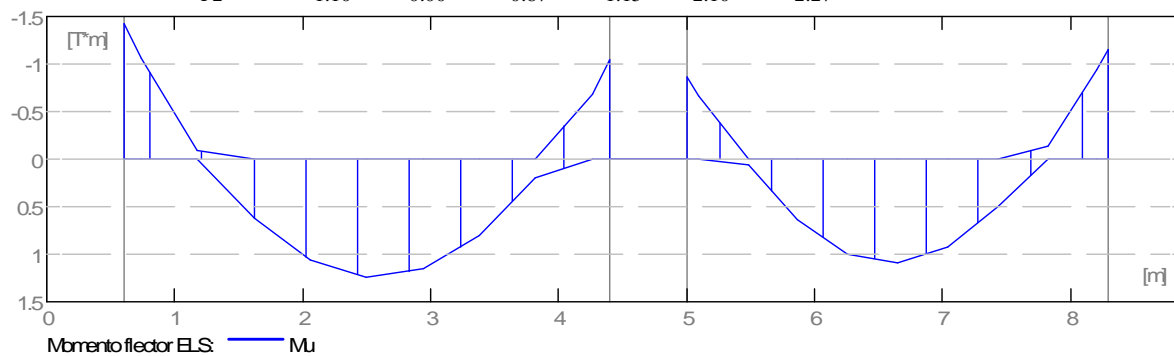
##### 2.4.1 Solicitaciones ELU

| Tramo | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,min.<br>(T*m) | Mu,iz<br>(T*m) | Mu,d<br>(T*m) | Vu,iz<br>(T) | Vu,d<br>(T) |
|-------|------------------|------------------|----------------|---------------|--------------|-------------|
| P1    | 1.57             | -0.00            | -1.81          | -1.32         | 3.24         | -3.15       |
| P2    | 1.39             | -0.00            | -1.10          | -1.46         | 2.66         | -2.88       |



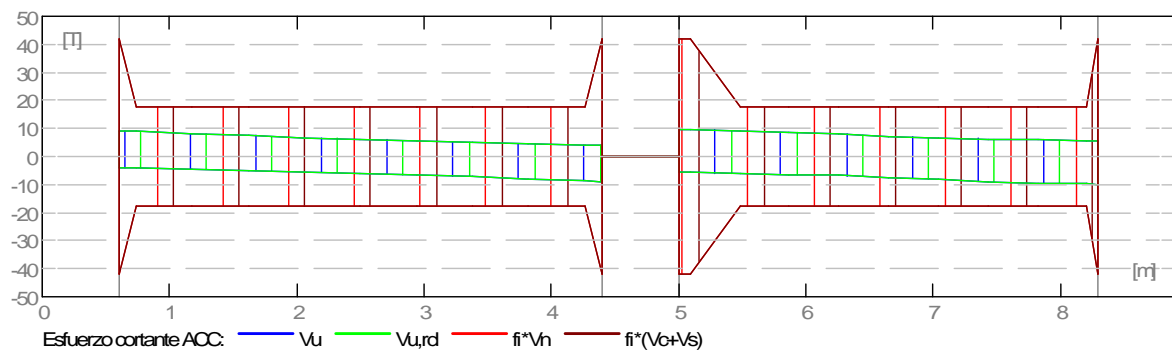
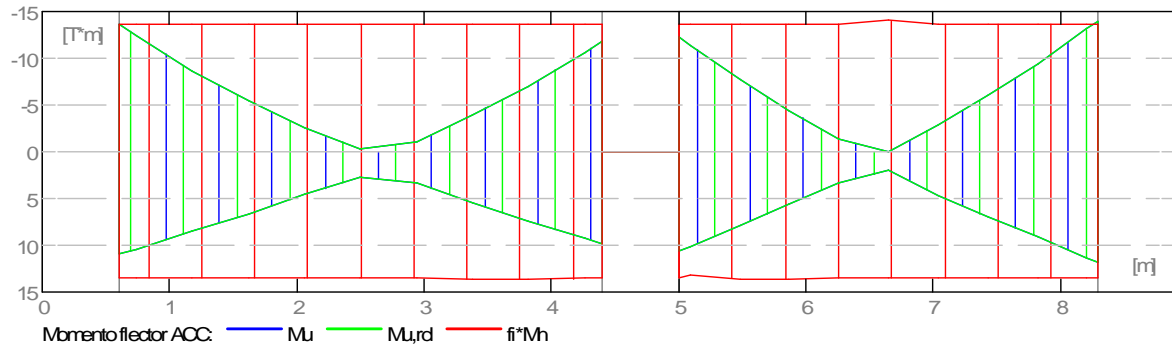
## 2.4.2 Solicitaciones ELS

| Tramo | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,min.<br>(T*m) | Mu,iz<br>(T*m) | Mu,d<br>(T*m) | Vu,iz<br>(T) | Vu,d<br>(T) |
|-------|------------------|------------------|----------------|---------------|--------------|-------------|
| P1    | 1.24             | 0.00             | -1.43          | -1.05         | 2.56         | -2.49       |
| P2    | 1.10             | 0.00             | -0.87          | -1.15         | 2.10         | -2.27       |



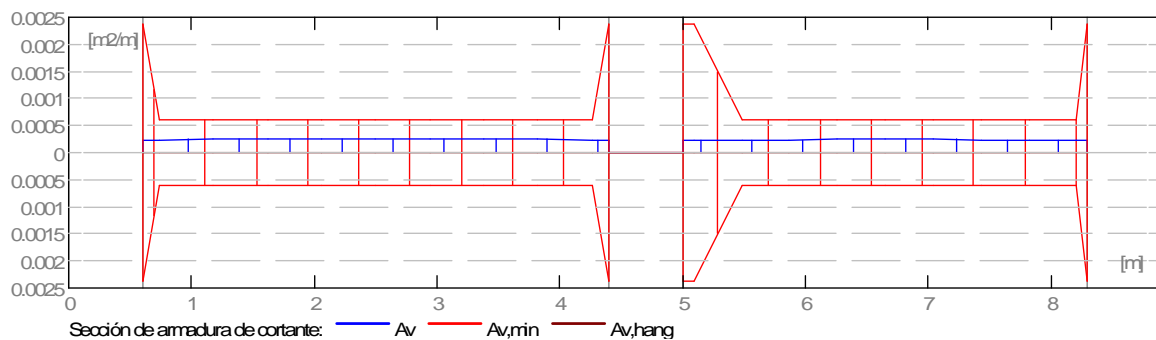
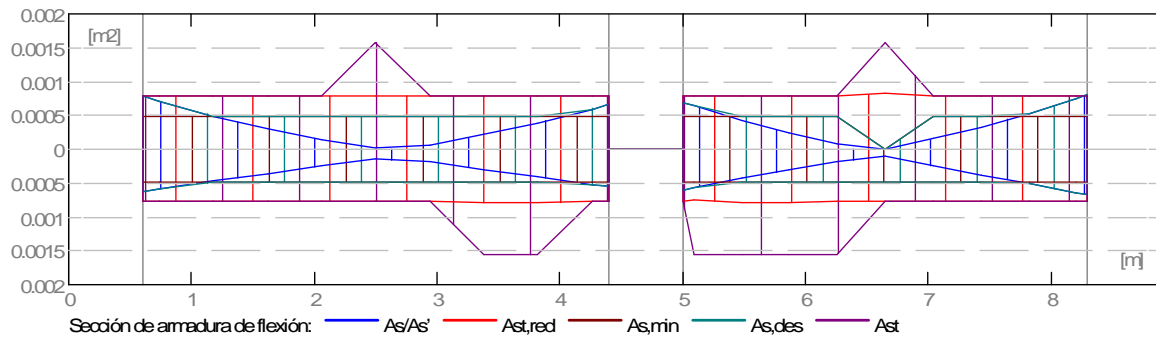
### 2.4.3 Solicitaciones ELU - combinaciones rara

| Tramo | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,min.<br>(T*m) | Mu,iz<br>(T*m) | Mu,d<br>(T*m) | Vu,iz<br>(T) | Vu,d<br>(T) |
|-------|------------------|------------------|----------------|---------------|--------------|-------------|
| P1    | 10.96            | -5.47            | -13.68         | -11.85        | 8.94         | -8.86       |
| P2    | 11.83            | -5.99            | -12.26         | -14.01        | 9.71         | -9.90       |



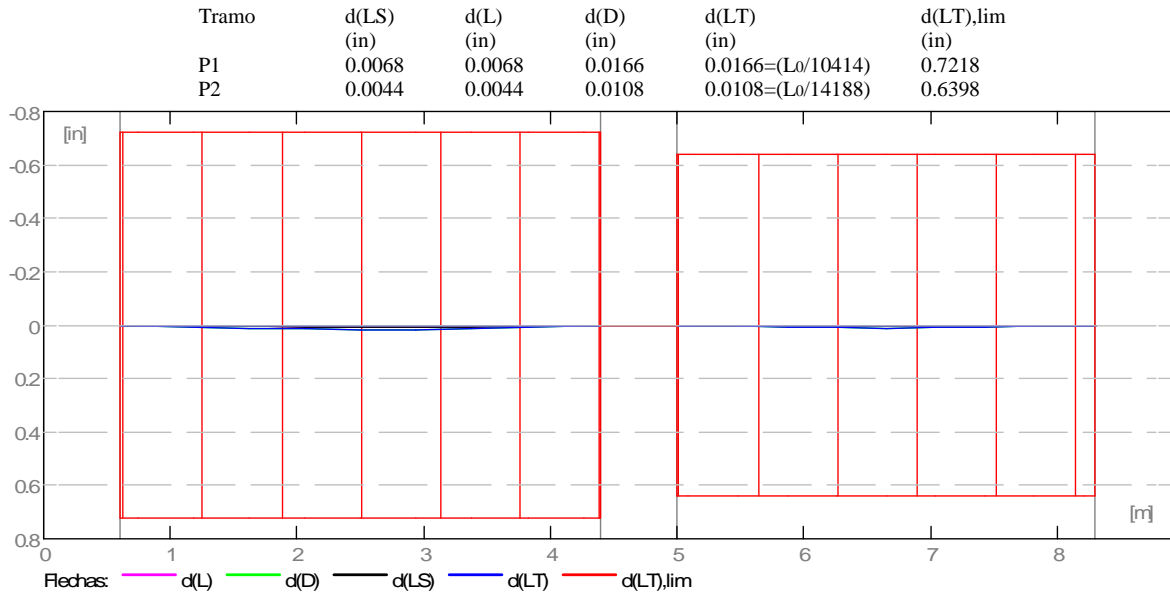
### 2.4.4 Sección Teórica de Acero

| Tramo | Tramo (m2) |      | Apoyo izquierdo (m2) |      | Apoyo derecho (m2) |      |
|-------|------------|------|----------------------|------|--------------------|------|
|       | inf.       | sup. | inf.                 | sup. | inf.               | sup. |
| P1    | 0.00       | 0.00 | 0.00                 | 0.00 | 0.00               | 0.00 |
| P2    | 0.00       | 0.00 | 0.00                 | 0.00 | 0.00               | 0.00 |



### 2.4.5 Flechas

d(L) - Flecha inicial debida a las cargas vivas  
d(D) - Flecha inicial debida a las cargas muertas  
d(LS) - Flecha inicial debida a las cargas vivas de larga duración  
d(LT) - flecha inicial total de larga duración  
d(LT),lim - flecha admisible



## 2.5 Resultados teóricos - detalles:

### 2.5.1 P1 : Tramo de 0.60 a 4.40 (m)

| Abscisa<br>(m) | ELU              |                  | ELS              |                  | As/As',inf. As,sup. |      |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|------|
|                | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) | (m2)                | (m2) |
| 0.60           | 0.00             | -1.81            | 0.00             | -1.43            | 0.00                | 0.00 |
| 0.74           | 0.00             | -1.35            | 0.00             | -1.06            | 0.00                | 0.00 |
| 1.18           | 0.00             | -0.12            | 0.00             | -0.09            | 0.00                | 0.00 |
| 1.62           | 0.78             | -0.00            | 0.62             | 0.00             | 0.00                | 0.00 |
| 2.06           | 1.34             | -0.00            | 1.06             | 0.00             | 0.00                | 0.00 |
| 2.50           | 1.57             | -0.00            | 1.24             | 0.00             | 0.00                | 0.00 |
| 2.94           | 1.47             | -0.00            | 1.16             | 0.00             | 0.00                | 0.00 |
| 3.38           | 1.03             | -0.00            | 0.81             | 0.00             | 0.00                | 0.00 |
| 3.82           | 0.25             | -0.00            | 0.19             | 0.00             | 0.00                | 0.00 |
| 4.26           | 0.00             | -0.86            | 0.00             | -0.68            | 0.00                | 0.00 |
| 4.40           | 0.00             | -1.32            | 0.00             | -1.05            | 0.00                | 0.00 |

| Abscisa<br>(m) | ELU            |                | ELS            |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                | Vu,máx.<br>(T) | Vu,máx.<br>(T) | Vu,máx.<br>(T) | Vu,máx.<br>(T) |
| 0.60           | 3.24           | 2.56           |                |                |
| 0.74           | 3.14           | 2.48           |                |                |
| 1.18           | 2.42           | 1.91           |                |                |
| 1.62           | 1.66           | 1.31           |                |                |
| 2.06           | 0.90           | 0.71           |                |                |
| 2.50           | 0.14           | 0.11           |                |                |
| 2.94           | -0.62          | -0.49          |                |                |
| 3.38           | -1.38          | -1.09          |                |                |
| 3.82           | -2.14          | -1.69          |                |                |
| 4.26           | -2.90          | -2.29          |                |                |
| 4.40           | -3.15          | -2.49          |                |                |

### 2.5.2 P2 : Tramo de 5.00 a 8.30 (m)

| Abscisa<br>(m) | ELU              |                  | ELS              |                  | As/As',inf. As,sup. |      |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|------|
|                | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) | Mu,máx.<br>(T*m) | Mu,mín.<br>(T*m) | (m2)                | (m2) |
| 5.00           | 0.00             | -1.10            | 0.00             | -0.87            | 0.00                | 0.00 |

|      |      |       |      |       |      |      |
|------|------|-------|------|-------|------|------|
| 5.09 | 0.00 | -0.85 | 0.00 | -0.67 | 0.00 | 0.00 |
| 5.48 | 0.08 | -0.00 | 0.07 | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
| 5.87 | 0.81 | -0.00 | 0.64 | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
| 6.26 | 1.27 | -0.00 | 1.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
| 6.65 | 1.39 | -0.00 | 1.10 | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
| 7.04 | 1.18 | -0.00 | 0.93 | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
| 7.43 | 0.64 | -0.00 | 0.51 | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
| 7.82 | 0.00 | -0.17 | 0.00 | -0.13 | 0.00 | 0.00 |
| 8.21 | 0.00 | -1.19 | 0.00 | -0.94 | 0.00 | 0.00 |
| 8.30 | 0.00 | -1.46 | 0.00 | -1.15 | 0.00 | 0.00 |

|         | ELU     | ELS     |
|---------|---------|---------|
| Abscisa | Vu,máx. | Vu,máx. |
| (m)     | (T)     | (T)     |
| 5.00    | 2.66    | 2.10    |
| 5.09    | 2.60    | 2.05    |
| 5.48    | 2.16    | 1.70    |
| 5.87    | 1.54    | 1.21    |
| 6.26    | 0.76    | 0.60    |
| 6.65    | -0.11   | -0.08   |
| 7.04    | -0.98   | -0.77   |
| 7.43    | -1.76   | -1.38   |
| 7.82    | -2.38   | -1.87   |
| 8.21    | -2.82   | -2.22   |
| 8.30    | -2.88   | -2.27   |

## 2.6 Armadura:

### 2.6.1 P1 : Tramo de 0.60 a 4.40 (m)

#### Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 60)
 

|   |    |          |    |      |   |      |
|---|----|----------|----|------|---|------|
| 2 | #7 | l = 4.52 | de | 0.04 | a | 4.26 |
| 2 | #7 | l = 3.25 | de | 3.03 | a | 6.27 |
- tramo (Grade 60)
 

|   |    |          |    |      |   |      |
|---|----|----------|----|------|---|------|
| 2 | #5 | l = 3.02 | de | 0.04 | a | 2.85 |
| 4 | #5 | l = 4.85 | de | 2.15 | a | 7.00 |
| 2 | #5 | l = 2.97 | de | 0.09 | a | 2.85 |

#### Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 60)
 

|          |    |    |          |
|----------|----|----|----------|
| estribos | 18 | #3 | l = 1.54 |
|----------|----|----|----------|

$$e = 1*0.04 + 1*0.06 + 15*0.24 + 1*0.06 \text{ (m)}$$

### 2.6.2 P2 : Tramo de 5.00 a 8.30 (m)

#### Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 60)
 

|   |    |          |    |      |   |      |
|---|----|----------|----|------|---|------|
| 2 | #7 | l = 4.11 | de | 5.05 | a | 8.86 |
|---|----|----------|----|------|---|------|
- tramo (Grade 60)
 

|   |    |          |    |      |   |      |
|---|----|----------|----|------|---|------|
| 2 | #5 | l = 2.91 | de | 6.28 | a | 8.86 |
| 2 | #5 | l = 2.86 | de | 6.28 | a | 8.81 |

#### Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 60)
 

|          |    |    |          |
|----------|----|----|----------|
| estribos | 16 | #3 | l = 1.54 |
|----------|----|----|----------|

$$e = 1*0.03 + 1*0.06 + 13*0.24 + 1*0.06 \text{ (m)}$$

## 3 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 1.47 (m3)
- Superficie de encofrado = 12.25 (m2)
- Acero Grade 60
  - Peso total = 0.37 (kip)
  - Densidad = 0.25 (kip/m3)
  - Diámetro medio = 0.6 (in)
  - Lista según diámetros:

| Diámetro<br>(in) | Longitud<br>(m) | Peso<br>(kip) | Número<br>(piezas) | Peso total<br>(kip) |
|------------------|-----------------|---------------|--------------------|---------------------|
| #3               | 1.54            | 0.00          | 34                 | 0.06                |
| #5               | 2.86            | 0.01          | 2                  | 0.02                |
| #5               | 2.91            | 0.01          | 2                  | 0.02                |
| #5               | 2.97            | 0.01          | 2                  | 0.02                |
| #5               | 3.02            | 0.01          | 2                  | 0.02                |
| #5               | 4.85            | 0.02          | 4                  | 0.07                |
| #7               | 3.25            | 0.02          | 2                  | 0.04                |
| #7               | 4.11            | 0.03          | 2                  | 0.06                |
| #7               | 4.52            | 0.03          | 2                  | 0.06                |

## Predimensionamiento de Columna

### 1 Nivel:

- Nombre :
- Cota de nivel : 0.00 (m)
- Resistencia al fuego : 0 (h)
- Tipo de ambiente : no agresivo

### 2 Columna: Columna7

Número: 1

#### 2.1 Característica de los materiales:

- Hormigón: : CONCR\_3  $f_c' = 211.08 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$
- Densidad : 5.31 (kip/m3)
- Armaduras longitudinales : Grade 60  $f_y = 4218.42$
- (kgf/cm2)
- Armaduras transversales : Grade 60  $f_y = 4218.42 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$

#### 2.2 Geometría:

- 2.2.1 Rectángulo 60.00 x 30.00 (cm)
- 2.2.2 Altura: L = 3.83 (m)
- 2.2.3 Espesor de la losa = 0.00 (m)
- 2.2.4 Altura de la viga = 0.55 (m)
- 2.2.5 Recubrimiento de la armadura = 3.81 (cm)

#### 2.3 Opciones de cálculo:

- Cálculos según la norma : ACI 318-11
- Columna prefabricada : no
- Predimensionamiento : no
- Tomar en cuenta la esbeltez : sí
- Estribos : hacia la viga
- Estructura intraslacional

#### 2.4 Cargas:

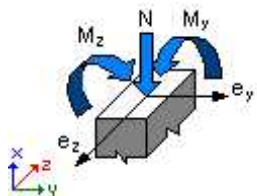
| Caso | Natura<br>Mzl | Grupo<br>Mzi | $\gamma_f$ | N     | Myu   | Myl   | Myi   | Mzu   |
|------|---------------|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | (T*m)         | (T*m)        |            | (T)   | (T*m) | (T*m) | (T*m) | (T*m) |
| PP   | peso propio   | 7            | 1.20       | 13.00 | 0.07  | -     |       |       |

|          |             |       |       |       |      |       |      |   |
|----------|-------------|-------|-------|-------|------|-------|------|---|
| 0.04     | 0.03        | 0.18  | -0.09 | 0.07  |      |       |      |   |
| CM       | peso propio | 7     | 1.20  | 14.08 | 0.20 | -     |      |   |
| 0.10     | 0.08        | 0.39  | -0.18 | 0.16  |      |       |      |   |
| CV       | carga viva  | 7     | 1.60  | 4.33  | 0.06 | -     |      |   |
| 0.03     | 0.03        | 0.12  | -0.05 | 0.05  |      |       |      |   |
| SPECT_X5 | sísmica     | 7     | 1.00  | 19.02 | 7.07 | -9.37 | 3.89 | - |
| 0.10     | -0.20       | -0.10 |       |       |      |       |      |   |
| SPECT_Y8 | sísmica     | 7     | 1.00  | 25.40 | 0.01 | -0.01 | 0.01 | - |
| 7.74     | -15.86      | -8.00 |       |       |      |       |      |   |

$\gamma_f$  - coeficiente de seguridad parcial

## 2.5 Resultados de los cálculos:

### 2.5.1 Análisis ELU



**Combinación dimensionante: 0.90PP+0.90CM+-1.00SPECT\_X5 (B)**

$\phi = 0.90$

Esfuerzos seccionales:

$N = 5.35 \text{ (T)}$      $M_y = 9.24 \text{ (T*m)}$      $M_z = -0.04 \text{ (T*m)}$

Esfuerzos de cálculo:

Nudo inferior

$N = 5.35 \text{ (T)}$      $M_y = 9.24 \text{ (T*m)}$      $M_z = -0.04 \text{ (T*m)}$

#### 2.5.1.1 Análisis detallado-Dirección Y:

##### 2.5.1.1.1 Esfuerzo crítico

$P_c = 178.41 \text{ (T)}$  (10-13)

$k \cdot l_u = 3.55 \text{ (m)}$

$EI = 227.81 \text{ (T*m}^2\text{)}$  (10-15)

$\beta_d = 4.55$

$E_c = 234209.89 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$

$E_s = 2038902.42 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$

$I_g = 135000.00 \text{ (cm}^4\text{)}$

$I_{se} = 1830.78 \text{ (cm}^4\text{)}$

##### 2.5.1.1.2 Análisis de la esbeltez

Estructura intraslacional

$l_u \text{ (m)}$

$k$

$k \cdot l_u \text{ (m)}$

3.55

1.00

3.55

$k \cdot l_u / r_y = 40.99 > 22.00$

Columna esbelta (10-7)

##### 2.5.1.1.3 Análisis de pandeo

$M_1 = -6.82 \text{ (T*m)}$

$M_2 = 9.24 \text{ (T*m)}$

Caso: sección en el extremo del pilar (Nudo inferior), Esbeltez no considerada

$M = 9.24 \text{ (T*m)}$

$M_c = M = 9.24 \text{ (T*m)}$

#### 2.5.1.2 Análisis detallado-Dirección Z:

$M_1 = -0.04 \text{ (T*m)}$

$M_2 = 0.61 \text{ (T*m)}$

Caso: sección en el extremo del pilar (Nudo inferior), Esbeltez no considerada

$M = -0.04 \text{ (T*m)}$

$M_c = M = -0.04 \text{ (T*m)}$

### 2.5.2 Armadura:

Densidad del armado:  $\mu = A_{sr}/A_g = 1.27 \%$

### 2.6 Armadura:

#### Barras principales (Grade 60):

- 18 #4  $l = 3.79$  (m)

#### Armaduras transversales (Grade 60):

Estribos 16 #3  $l = 1.60$  (m)

horquillas 64 #3  $l = 0.41$  (m)

## 3 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón  $= 0.59$  (m<sup>3</sup>)
- Superficie de encofrado  $= 5.90$  (m<sup>2</sup>)
- Acero Grade 60
  - Peso total  $= 0.21$  (kip)
  - Densidad  $= 0.36$  (kip/m<sup>3</sup>)
  - Diámetro medio  $= 0.4$  (in)
  - Especificación de las armaduras:

| Diámetro | Longitud<br>(m) | Peso<br>(kip) | Número<br>(piezas) | Peso total<br>(kip) |
|----------|-----------------|---------------|--------------------|---------------------|
| #3       | 0.41            | 0.00          | 64                 | 0.03                |
| #3       | 1.60            | 0.00          | 16                 | 0.03                |
| #4       | 3.79            | 0.01          | 18                 | 0.15                |

### Predimensionamiento en Zapata:

## 1 Cimentación aislada: Cimentación19

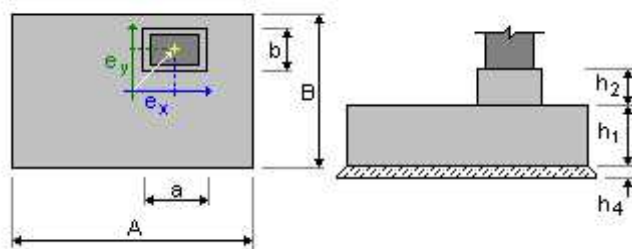
Número: 1

### 1.1 Datos básicos

#### 1.1.1 Hipótesis

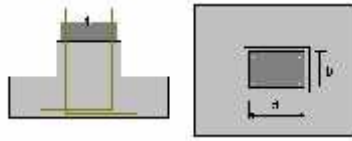
- Norma para los cálculos geotécnicos : ACI
- Norma para los cálculos de hormigón armado : ACI 318-11
- Forma de la cimentación : cuadrada

#### 1.1.2 Geometría:





|    |            |                |            |
|----|------------|----------------|------------|
| A  | = 2.54 (m) | a              | = 0.30 (m) |
| B  | = 2.54 (m) | b              | = 0.55 (m) |
| h1 | = 0.50 (m) | e <sub>x</sub> | = 0.00 (m) |
| h2 | = 0.20 (m) | e <sub>y</sub> | = 0.00 (m) |
| h4 | = 0.05 (m) |                |            |



|    |              |
|----|--------------|
| a' | = 30.00 (cm) |
| b' | = 55.00 (cm) |
| c1 | = 5.08 (cm)  |
| c2 | = 5.08 (cm)  |

### 1.1.3 Materiales

- Hormigón: : CONCR\_3; resistencia característica = 211.08 kgf/cm2  
Densidad = 5.31 (kip/m3)
- Armaduras longitudinales : tipo Grade 60 resistencia característica = 4218.42 kgf/cm2
- Armaduras transversales : tipo Grade 60 resistencia característica = 4218.42 kgf/cm2
- Armadura adicional: : tipo Grade 60 resistencia característica = 4218.42 kgf/cm2

### 1.1.4 Cargas:

#### Cargas sobre la cimentación:

| Caso     | Natura      | Grupo | N<br>(T) | Fx<br>(T) | Fy<br>(T) | Mx<br>(T*m) | My<br>(T*m) |
|----------|-------------|-------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| PP       | peso propio | 19    | 15.77    | 0.00      | -0.07     | 0.09        | 0.00        |
| CM       | peso propio | 19    | 28.66    | 0.00      | -0.32     | 0.37        | 0.00        |
| CV       | carga viva  | 19    | 8.82     | 0.00      | -0.10     | 0.11        | 0.00        |
| SPECT_X5 | sísmica     | 19    | 0.00     | -5.38     | -0.00     | -0.00       | -10.25      |
| SPECT_Y8 | sísmica     | 19    | 25.45    | -0.01     | -6.67     | -15.91      | -0.01       |

#### Cargas sobre el talud:

| Caso | Natura | Q1<br>(T/m2) |
|------|--------|--------------|
|------|--------|--------------|

### 1.1.5 Lista de combinaciones

|      |   |
|------|---|
| 1/   | ELS : 1.00PP+1.00CM+1.00CV              |
| 2/   | ELS : 1.00PP+1.00CM                     |
| 3/   | ACC : 1.00PP+1.00CM+1.00CV+0.71SPECT_X5 |
| 4/   | ACC : 1.00PP+1.00CM+0.71SPECT_X5        |
| 5/   | ACC : 1.00PP+1.00CM                     |
| 6/   | ACC : 1.00PP+1.00CM+1.00CV+0.71SPECT_Y8 |
| 7/   | ACC : 1.00PP+1.00CM+0.71SPECT_Y8        |
| 8/   | ACC : 1.00PP+1.00CM+1.00CV-0.71SPECT_X5 |
| 9/   | ACC : 1.00PP+1.00CM-0.71SPECT_X5        |
| 10/  | ACC : 1.00PP+1.00CM+1.00CV-0.71SPECT_Y8 |
| 11/  | ACC : 1.00PP+1.00CM-0.71SPECT_Y8        |
| 12/* | ELU : 1.20PP+1.20CM+1.60CV              |
| 13/* | ELU : 1.20PP+1.20CM                     |
| 14/* | ELU : 1.40PP+1.40CM                     |
| 15/* | ELU : 0.90PP+0.90CM                     |
| 16/* | ELS : 1.00PP+1.00CM+1.00CV              |
| 17/* | ELS : 1.00PP+1.00CM                     |
| 18/* | ACC : 1.20PP+1.20CM+1.00CV+1.00SPECT_X5 |
| 19/* | ACC : 1.20PP+1.20CM+1.00SPECT_X5        |
| 20/* | ACC : 1.20PP+1.20CM                     |
| 21/* | ACC : 1.20PP+1.20CM+1.00CV+1.00SPECT_Y8 |

|      |   |
|------|---|
| 22/* | ACC : 1.20PP+1.20CM+1.00SPECT_Y8        |
| 23/* | ACC : 1.20PP+1.20CM+1.00CV-1.00SPECT_X5 |
| 24/* | ACC : 1.20PP+1.20CM-1.00SPECT_X5        |
| 25/* | ACC : 1.20PP+1.20CM+1.00CV-1.00SPECT_Y8 |
| 26/* | ACC : 1.20PP+1.20CM-1.00SPECT_Y8        |
| 27/* | ACC : 0.90PP+0.90CM+1.00SPECT_X5        |
| 28/* | ACC : 0.90PP+0.90CM                     |
| 29/* | ACC : 0.90PP+0.90CM+1.00SPECT_Y8        |
| 30/* | ACC : 0.90PP+0.90CM-1.00SPECT_X5        |
| 31/* | ACC : 0.90PP+0.90CM-1.00SPECT_Y8        |
| 32/* | ACC : 1.20PP+1.20CM+1.00CV              |

## 1.2 Diseño geotécnico

### 1.2.1 Hipótesis

Dimensionado de la cimentación para:

- Capacidad de carga
- Vuelco
- Alzamiento
- Hundimiento medio
- Considerar la redistribución plástica de las tensiones admisibles

### 1.2.2 Suelo:

|                               |       |             |
|-------------------------------|-------|-------------|
| Nivel del suelo:              | $N_1$ | = 0.00 (m)  |
| Nivel max. de la cimentación: | $N_a$ | = 0.00 (m)  |
| Nivel del fondo del excavado: | $N_f$ | = -0.50 (m) |

#### clayey fine sands

- Nivel del suelo: 0.00 (m)
- Peso volumétrico: 4.77 (kip/m<sup>3</sup>)
- Densidad del sólido: 5.96 (kip/m<sup>3</sup>)
- Angulo de rozamiento interno: 18.0 (Deg)
- Cohesión: 0.68 (kgf/cm<sup>2</sup>)

### 1.2.3 Estados límites

#### Cálculo de las tensiones

Considerar la redistribución plástica de las tensiones admisibles

Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme

Combinación dimensionante: **ACC :**

**1.00PP+1.00CM+1.00CV+0.71SPECT\_Y8**

Coeeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación

**1.00** \* peso del suelo

Resultados de cálculos: en el nivel del asiento de la cimentación

Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 10.56 (T)

Carga de diseño:

Nr = 82.00 (T)

Mx = -7.12 (T\*m)

My = -0.01 (T\*m)

Tensión en el suelo: 1.36 (kgf/cm<sup>2</sup>)

Resistencia de cálculo del suelo 1.46 (kgf/cm<sup>2</sup>)

Coefficiente de seguridad: 1.073 > 1

#### Alzamiento

Alzamiento en ELS

Combinación dimensionante: **ELS : 1.00PP+1.00CM+1.00CV**

Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Superficie de contacto:  $s = 4.18$   
 $s_{lim} = 1.00$

### Hundimiento medio

Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme  
 Combinación dimensionante: **ELS : 1.00PP+1.00CM+1.00CV**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Peso de la cimentación y del suelo superpuesto:  $Gr = 10.56$  (T)  
 Tensión media debida a la carga de dimensionado:  $q = 0.99$  (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 Espesor del suelo con hundimiento activo:  $z = 3.81$  (m)  
 Tensión en el nivel z:  
 - adicional:  $\sigma_{zd} = 0.17$  (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 - debida al peso del suelo:  $\sigma_{z\gamma} = 0.98$  (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 Hundimientos:  
 - primario  $s' = 0.46$  (cm)  
 - secundario  $s'' = 0.00$  (cm)  
 - TOTAL  $S = 0.46$  (cm) <  $S_{adm} = 5.08$  (cm)  
 Coeficiente de seguridad:  $11.01 > 1$

### Diferencia de hundimientos

Combinación dimensionante: **ELS : 1.00PP+1.00CM+1.00CV**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Diferencia de hundimientos:  $S = 0.00$  (cm) <  $S_{adm} = 5.08$  (cm)  
 Coeficiente de seguridad:  $2.221e+05 > 1$

### Vuelco

Alrededor del eje OX  
 Combinación dimensionante: **ELS : 1.00PP+1.00CM+1.00CV**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Peso de la cimentación y del suelo superpuesto:  $Gr = 10.56$  (T)  
 Carga de diseño:  
 $N_r = 63.82$  (T)  $M_x = 0.91$  (T\*m)  $M_y = 0.00$  (T\*m)  
 Momento estabilizador:  $M_{stab} = 81.05$  (T\*m)  
 Moment de vuelco:  $M_{renv} = 0.91$  (T\*m)  
 Estabilidad al vuelco:  $89.23 > 1$

Alrededor del eje OY  
 Combinación dimensionante: **ELS : 1.00PP+1.00CM+1.00CV**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Peso de la cimentación y del suelo superpuesto:  $Gr = 10.56$  (T)  
 Carga de diseño:  
 $N_r = 63.82$  (T)  $M_x = 0.91$  (T\*m)  $M_y = 0.00$  (T\*m)  
 Momento estabilizador:  $M_{stab} = 81.05$  (T\*m)  
 Moment de vuelco:  $M_{renv} = 0.00$  (T\*m)  
 Estabilidad al vuelco:  $1.429e+05 > 1$

### 1.3 Diseño de hormigón armado

#### 1.3.1 Hipótesis

- Hormigón expuesto a la acción del medio ambiente : no

#### 1.3.2 Análisis de punzonamiento y de cortante

##### Punzonamiento

|  |                |  |            |
|--|----------------|--|------------|
| Combinación dimensionante:               |                | <b>ACC :</b>   |            |
| <b>1.20PP+1.20CM+1.00CV+1.00SPECT_Y8</b> |                |  |            |
| Coeficientes de carga:                   |                | <b>0.90</b> * peso de la cimentación<br><b>0.90</b> * peso del suelo |            |
| Carga de diseño:                         |                |  |            |
| (T*m)                                    | Nr = 97.10 (T) | Mx = -10.19 (T*m)  | My = -0.02 |
| Longitud del perímetro crítico:          |                | 3.46 (m)   |            |
| Fuerza de punzonamiento:                 |                | 77.66 (T)  |            |
| altura útil de la sección                |                | heff = 0.44 (m)  |            |
| Tensión cortante:                        |                | 5.11 (kgf/cm <sup>2</sup> )  |            |
| Tensión cortante admisible:              |                | 11.56 (kgf/cm <sup>2</sup> )   |            |
| Coeficiente de seguridad:                |                | 2.263 > 1  |            |

#### 1.3.3 Armadura teórica

##### Cimentación aislada:

Armaduras inferiores:

ACC : 1.20PP+1.20CM+1.00CV+1.00SPECT\_Y8  
My = 21.64 (T\*m)      A<sub>sx</sub> = 0.00 (m<sup>2</sup>/m)

ACC : 1.20PP+1.20CM+1.00CV+1.00SPECT\_Y8  
Mx = 20.54 (T\*m)      A<sub>sy</sub> = 0.00 (m<sup>2</sup>/m)

$$A_{s \min} = 0.00 \text{ (m}^2\text{/m)}$$

Armaduras superiores:

$$A'_{sx} = 0.00 \text{ (m}^2\text{/m)}$$

ACC : 0.90PP+0.90CM-1.00SPECT\_Y8  
Mx = -1.18 (T\*m)      A'<sub>sy</sub> = 0.00 (m<sup>2</sup>/m)

$$A_{s \min} = 0.00 \text{ (m}^2\text{/m)}$$

##### Fuste:

Armaduras longitudinales      A = 0.00 (m<sup>2</sup>)      A<sub>min.</sub> = 0.00 (m<sup>2</sup>)  
A = 2 \* (Asx + Asy)  
Asx = 0.00 (m<sup>2</sup>)      Asy = 0.00 (m<sup>2</sup>)

#### 1.3.4 Armadura real

##### 2.3.1 Cimentación aislada:

##### Armaduras inferiores:

Dirección X:

$$12 \text{ Grade 60 \#5} \quad l = 2.44 \text{ (m)} \quad e = 1 * -1.15 + 11 * 0.21$$

Dirección Y:

12 Grade 60 #5     $l = 2.44 \text{ (m)}$      $e = 1 \cdot -1.15 + 11 \cdot 0.21$

**Superiores:**

Dirección Y:

12 Grade 60 #5     $l = 2.44 \text{ (m)}$      $e = 1 \cdot -1.15 + 11 \cdot 0.21$

### 2.3.2 Fuste Armaduras longitudinales

**Esperas**

**Armaduras longitudinales**

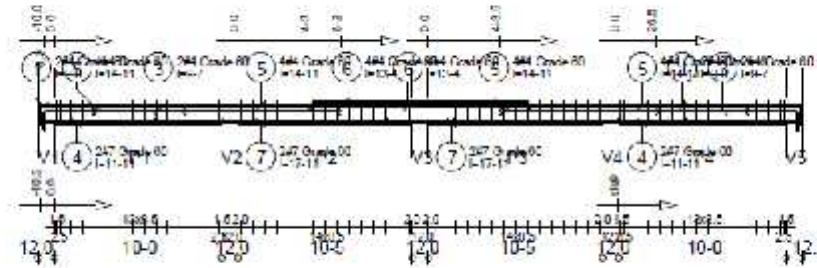
4 Grade 60 #5     $l = 1.67 \text{ (m)}$      $e = 1 \cdot -0.10 + 1 \cdot 0.20$

## 2 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 3.26 (m3)
- Superficie de encofrado = 5.42 (m2)
- Acero Grade 60
  - Peso total = 0.32 (kip)
  - Densidad = 0.10 (kip/m3)
  - Diámetro medio = 0.6 (in)
  - Lista según diámetros:

| Diámetro | Longitud<br>(m) | Número: |
|----------|-----------------|---------|
| #5       | 1.67            | 4       |
| #5       | 2.44            | 36      |

## Anexo N° 5: Planos del Predimensionamiento en Robot Structural.



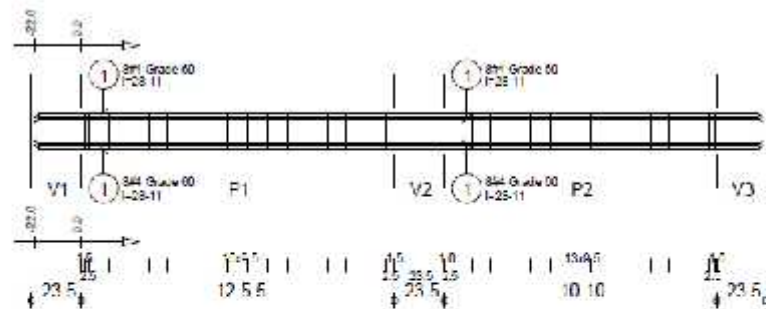
| Posic. | Armaduras      | Forma         | Posic. | Armaduras    | Forma           | Posic. | Armaduras    | Forma           |
|--------|----------------|---------------|--------|--------------|-----------------|--------|--------------|-----------------|
| (1)    | 484 Grade 60   | $\approx 0.9$ | (4)    | 417 Grade 60 | $\approx 11.11$ | (7)    | 417 Grade 60 | $\approx 17.11$ |
| (2)    | 891.5 Grade 60 | $\approx 4.6$ | (5)    | 834 Grade 60 | $\approx 14.11$ |        |              |                 |
| (3)    | 484 Grade 60   | $\approx 0.9$ | (6)    | 414 Grade 60 | $\approx 13.4$  |        |              |                 |
|        |                |               | Tot.   |              |                 | Fav    |              |                 |
|        |                |               |        |              |                 | Aprob  |              |                 |



### Viga162...165

MODELO DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR Sección 25x50

|                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Açores Clássico PB = 431 lb      | Unmágica - 63383lb_1 = 3.4 m    |
| Açores Clássico RB = 100 lb      | Superfície nel asfalto = 17.5 m |
| Recubrimiento inferior 3.8 cm    | Recubrimiento superior 3.8 cm   |
| Diseño de drenaje lateral 111 mm |                                 |
| Escala para la sala 1/75         | <b>Página 1</b>                 |

Página 1



| Posic. | Armador36      | Forma   |
|--------|----------------|---|
| ①      | 36x4 Grade: 80 | 1-75.11  |
| ②      | 36x3 Grade: 87 | 1-5.01   |

Viga312...270

MODELO DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR Sección 30x55

|                                |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Asfalto Grado 60 = 100 lb      | Herrigén : CONCR_3 = 1.17 m     |
| Asfalto Grado 60 = 51.1 lb     | Superficie del encofrado = 12.3 |
| Revolución horizontal = 9.8 cm | Revolución horizontal = 9.8 cm  |
| Revolución lateral = 9.8 cm    |                                 |

Página 1

